

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Konstrukční řešení zvedací jednotky zařízení pro
manipulaci s pacienty
Design of the lifting unit of manipulating equipment for
patients

Student: Bc. Adam Kratochvíl
Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn

OSTRAVA 2012

Obsah

Obsah	1
Seznam technických označení, zkratk a termínu	3
1 Úvod	5
2 Rešerše.....	6
2.1 Mobilní systémy.....	6
2.2 Gantry systémy.....	8
2.3 Stropní systémy	10
2.4 Možnosti stropních kolejnic	11
2.5 Systémy kolejnic, přepínačů a nabíjení.....	12
2.6 Popruhy a vaky.....	14
2.7 Pohonné jednotky	15
3 Varianty	17
3.1 Varianty 1	17
3.2 Hodnotová analýza 1	20
4 Konstrukční varianty	23
4.1 Požadavkový list	23
4.2 Předběžný návrh pohonu.....	24
4.3 Varianty.....	25
4.4 Hodnotová analýza 2.....	31
5 Konstrukční řešení optimální varianty	34
5.1 Pohon.....	34
5.1.1 Návrh pohonu	34
5.2 Pohon TG DRIVE DS70.....	37
5.3 Nosná konstrukce	40

5.4	Systém navíjení	42
5.5	Kolej a jezdec	45
5.6	Instalace senzorů a elektroniky	47
5.7	Analýza konstrukce	53
6	Napájení a řízení manipulátoru	56
6.1	Napájecí soustava	56
6.2	Základní parametry navržené konstrukce	57
6.3	Řízení motoru	58
6.4	Požadavky na řízení soustavy	58
6.5	Schéma zapojení	65
7	Ekonomické zhodnocení	66
8	Závěr	67
	Seznam použité literatury	69
	Seznam příloh	71

Seznam technických označení, zkratek a termínů

Freestanding	Volně stojící
Overhead lift	stropní zvedák/výtah
Indoor prostředí	Vnitřní prostředí
Singlerail systém	Systém s jednou kolejnicí
Emergency stop	Nouzové stop
IR (InfraRed) controller/reciever	Ovladač/přijímač infračerveného signálu
d_{bmin}	Zvolený minimální průměr bubnu
d_{bmax}	Max. průměr bubnu
t	Tloušťka pásu
l_c	Minimální celková délka lana
m	Hmotnost zátěže
g	Gravitační zrychlení
r_b	Poloměr bubnu při maximálním navinutí
k_b	Koeficient bezpečnosti
M_z	Zátěžový moment
v_z	Požadovaná rychlost
l_{otmin}	Délka lana za jedno otočení - minimální
l_{otmax}	Délka lana za jedno otočení – maximální
n_{pmin}	Minimální požadované otáčky [ot./min]
n_{pmax}	Maximální požadované otáčky [ot./min]
ω_{min}	Minimální požadované otáčky [rad/s]
ω_{max}	Maximální požadované otáčky [rad/s]
Δ_n	Poměrná změna rychlosti navíjení
P_m	Výkon motoru
i	Převodový poměr
M_{2n}	Jmenovitý moment převodovky
M_{2max}	Krátkodobý moment převodovky
n_N	Jmenovité vstupní otáčky převodovky
n_{max}	Maximální vstupní otáčky převodovky

U_{DC}	Napětí motoru
M_N	Jmenovitý moment motoru
n_N	Jmenovitý otáčky motoru
P	Jmenovitý výkon motoru
I_N	Jmenovitý proud motoru
M_0	Klidový moment motoru
I_0	Klidový proud motoru
M_{max}	Maximální moment motoru
n	Jmenovité výstupní otáčky systému
M	Jmenovitý výstupní moment systému

1 Úvod

Aplikace servisních robotů a manipulátorů ve zdravotnictví je dnes již ve vyspělých zemích poměrně běžnou záležitostí. Stacionární či servisní robot tak nahradí celou řadu činností vykonávaných člověkem. Na trhu je celá řada společností, které se zabývají výrobou různých pomůcek pro nemocné a trvale postižené. Může to být například přístroje k provádění manipulačních činností různého charakteru, ať už transportu osob, různých druhů předmětů nebo materiálů, provádění monitorovacích činností, provádění operací robotem, pomoc při rehabilitaci pacientů apod. V celé řadě činností dochází k odstranění fyzicky namáhavé práce ošetřovatele. Rozsáhlost aplikací servisních robotů v oblasti zdravotnictví se odráží ve velkém rozptýlu požadavků, které jsou na ně kladeny v souvislosti s uspokojováním požadovaných potřeb. Nemusí přitom jít vždy jen o nemocnice, sanatoria a podobná zdravotnická zařízení. Velkou pozornost si zaslouží také domácí i venkovní prostředí, ve kterém se pohybují nemocní či handicapovaní lidé. Právě všude tam lze s výhodou nasazovat servisní roboty.

2 Rešerše

Jak již bylo zmíněno v úvodu, problematika manipulace a transportu částečně či zcela pohybově omezených pacientů se v dnešní době již nemůže omezovat pouze na využití v nemocničním prostředí. S rozvojem nových technologií, materiálů, elektroniky, atp. a jejich širokou dostupností se tato technika dostává i do obyčejných domácností, kde pomáhá handicapovaným lidem v každodenních činnostech.

Tyto servisní roboty případně manipulátory se dají rozdělit do tří základních kategorií.

- Mobilní systémy
- Gantry systémy (freestanding overhead lifts)
- Stropní systémy (overhead lifts)

2.1 Mobilní systémy

Mobilní zvedací zařízení jsou vlastně jednoduché manipulátory s dostatečně tuhou kovovou konstrukcí většinou s jedním kloubem, pomocí kterého je dosahováno potřebného zdvihu. Mobilní zvedáky (obr. 2.1-1) jsou navrženy tak, aby poskytoval maximální stabilitu při minimální hmotnosti. Zvedák snadno složit a díky jeho



Obrázek 2.1-1

hmotnosti, pouhých 24 kg, je vhodný na cesty i pro převoz autem a při použití v malých místnostech. Díky flexibilitě zvedacích popruhů a rozsahu pohybů ramene je možné s těmito zařízeními zvedat pacienta ze země (obr. 2.1-3), trénovat s ním chůzi (obr. 2.1-2) či mu jinak pomáhat s různými druhy rehabilitace.



Obrázek 2.1-2



Obrázek 2.1-3



Obrázek 2.1-4

Zvedáky také mohou mít nastavitelnou šířku nohou u základny. To pak umožňuje dostat se k postelím s malou výškou zvedat z a do libovolných židlí a křesel či toalety (obr. 2.1-4). Zařízení jako tato počítají s tím, že pacient bude mít svého pečovatele, který zajistí jeho správné upnutí do textilních popruhů, bezpečnost a pohyb po okolí. Tato zařízení většinou totiž

nejdou vybavena motorizovaným podvozkem.

Př. Mobilního zvedáku

Výhodou tohoto zvedáku oproti ostatním zvedacím zařízením je vertikální zvedací pohyb souběžný s navíjením zvedacího popruhu, na kterém je připevněná zvedací hrazda s patientským závěsem či jinou pomůckou.

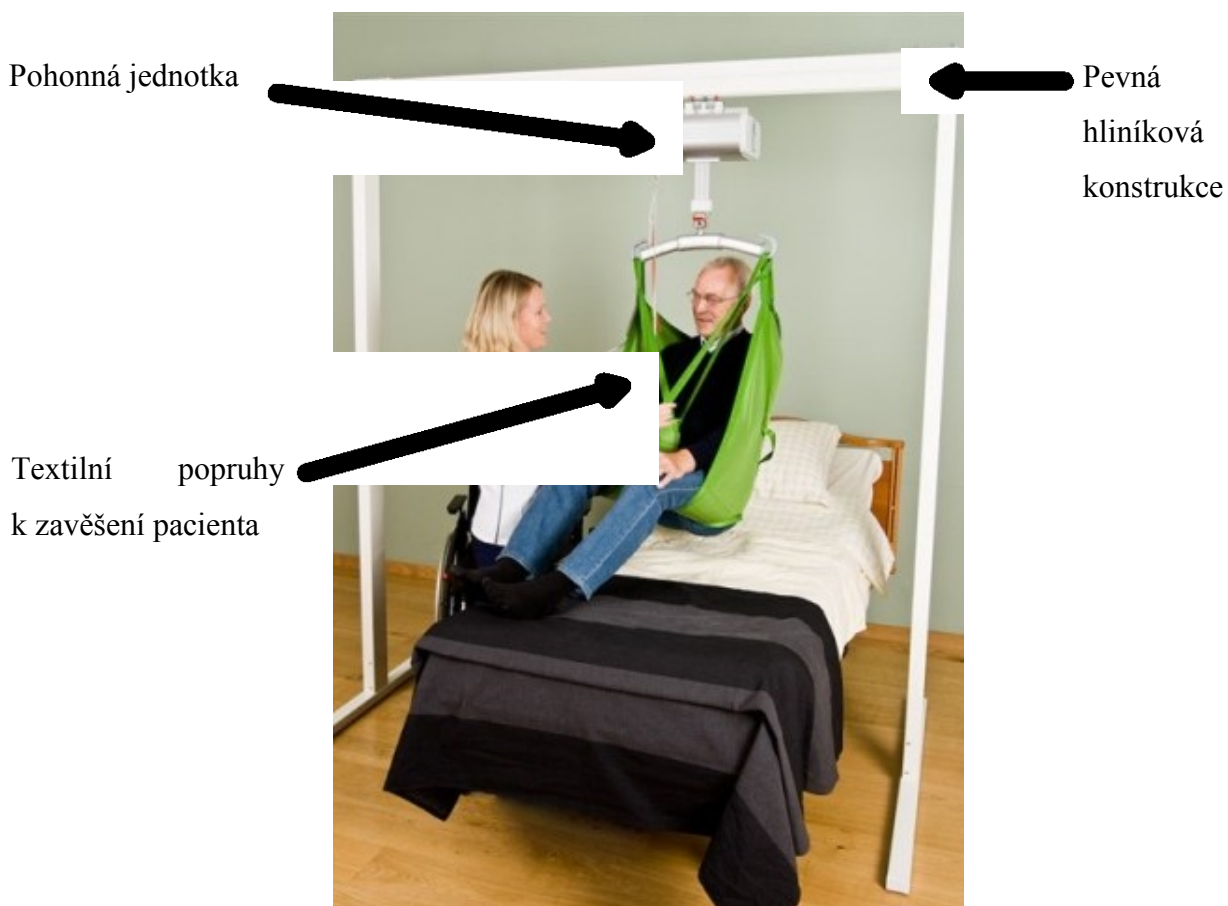


Obrázek 2.1-5

maximální zdvih	186 cm
minimální podjezdová výška	58 mm
konstrukce z hliníku - pouze	42 kg
maximální zatížení	200 kg
elektrický pohon	NiMH akumulátorový zdroj
ovládací panel na řídicí jednotce + bezdrátový dálkový ovládač	

2.2 Gantry systémy

Další variantou mobilních zvedacích zařízení, která však již částečně spadá do kategorie stropních, tedy tzv. overhead manipulátorů, jsou volně stojící systémy s gantry kinematickou strukturou. Volně stojící manipulátory se skládají z pevné hliníkové konstrukce, která je vybavena kolejnicí v její vrchní části (nad hlavou pacienta), ve které je na jezdcí připevněna pohonná jednotka určená ke zvedání pacienta zavěšeného ve speciálních textilních popruzích (obr. 2.2-1).



Obrázek 2.2-1
Volně stojící „Overhead“ system

Servisní gantry manipulátory pravděpodobně vznikly z průmyslových systémů upravením několika jejich parametrů. Zejména zde hrála roli nižší nutná nosnost. Díky tomu

bylo možné zmenšit rozměry celé konstrukce, její robustnost, a využít lehčích materiálů. S výhodou je lze tedy využít tam, kde není možná aplikace, není zapotřebí zcela permanentního zařízení nebo by bylo jiné zařízení ekonomicky nevýhodné. Například při požadavku na vyšší nosnost (než malé mobilní systémy) a ekonomickou nenáročnost jsou volně stojící mobilní „overhead“ systémy oproti stropním kolejnicovým systémům výhodnější variantou. Zařízení mohou stát na zemi, nebo mohou být postavena na podvozku, který je schopen zajistit relativně volný pohyb po místnosti.

Př. gantry systémů



Obrázek 2.2-2



Obrázek 2.2-3



Obrázek 2.2-4

Lze si vybrat z několika typů konstrukcí, které se liší zejména v nosnostech a v druhu podstavu. Již ty nejjednodušší systémy (obr. 2.2-2) jsou velmi lehké a mívají nosnosti až 200 kg. Lze zde zvolit i variantu s podvozkem.

Pro obézní pacienty či pro jejich přepravu v ležce byly tyto jednoduché systémy rozšířeny o druhou kolejnici s pohonem (obr. 2.2-3). To zvýšilo nosnost manipulátoru až na hodnotu 500 kg. Systémy dále mohou mít nastavitelné výšky a šířky, také si lze vybrat z mnoha různých druhů a délek kolejnic.

Poslední, asi nejsložitější variantou volně stojících zvedáků, je systém s možností posuvu ve dvou osách (obr. 2.2-4). Takovýto manipulátor i bez podvozku dokáže při správném umístění zajistit manipulaci pacienta po celé místnosti. Nosnost těchto zvedáků je opět až 500 kg.

2.3 Stropní systémy



Obrázek 2.3-1



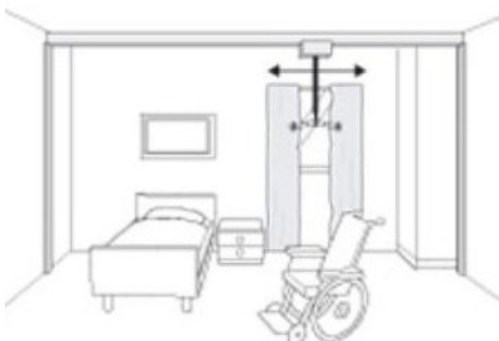
Obrázek 2.3-2

Stropní manipulační systémy, stejně jako volně stojící systémy, nejčastěji využívají drážek uchycených ve stropě (obr. 2.3-1) či podvěsných kolejí (obr. 2.3-2). Pomocí kolejnic lze jednoduše navrhnout od jednoduchých pokojových systémů až po rozsáhlé systémy pro celé domy, nemocnice nebo jiné indoor prostředí. Velkou výhodou těchto systémů je, že nemají žádné nároky na prostory a jakkoli nezasahují do vybavení pokoje, protože veškeré potřebné zařízení je uchyceno ve stropě.

Nejjednodušší systémy mívají velmi podobné rozsahy pohybů jako volně stojící portálové systémy. V rozsáhlejších systémech je nutno řešit problematiku křižovatek, dveří, schodišť, apod., které nelze vyřešit pouze jednoduchým pojezdem. Proto jsou vyvinuty principy výhybek, výtahů, procházení dveří, apod. Takovéto systémy již dokáží nahradit veškerá mobilní či jiná manipulační zařízení podobného typu.

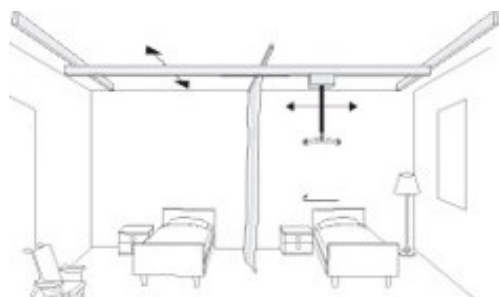
Stejně jako u volně stojících systémů je pohonná jednotka umístěna nad pacientem v drážce. Takto umístěná pohonná jednotka zajišťuje pohyb v drážce a zdvih navíjením lana věšáku dovnitř jednotky.

2.4 Možnosti stropních kolejnic



Obrázek 2.4-1

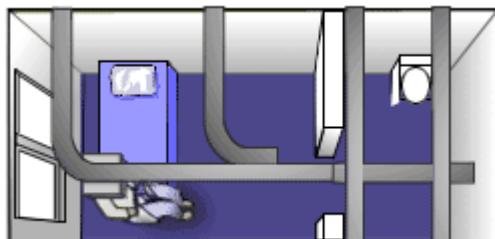
Nejjednodušší systémy jsou velmi podobné volně stojícím zařízením. Mohou přesouvat pacienta pouze v jednom směru (obr. 2.4-1). Takováto pevná kolejnice je tedy výhodná, když chcete manipulovat s pacientem pouze mezi dvěma pevnými body, například z postele na invalidní vozík. Kolejnice mohou být přímé nebo zakřivené a jsou často instalovány s nenápadnými podpěrami, které jsou připojeny ke stěně. Nicméně, kolejnice vždy vyžaduje montáž ke stropu.



Obrázek 2.4-2

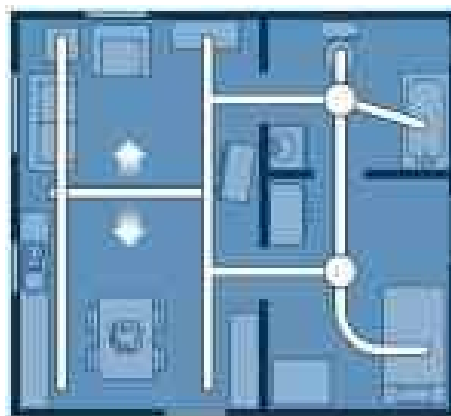
Složitější systémy využívají opět stejných principů jako volně stojící manipulátory (obr. 2.4-2).

Avšak velkou výhodou všech stropních manipulátorů je že se pomocí různých mechanismů dají kombinovat a vytvářet z nich tak poměrně rozsáhlé a komplikované systémy (obr. 2.4-3 a 2.4-4).



Obrázek 2.4-3

sjednocení systému gantry (vpravo), jednoduchého a zahnutého singlerail systému



Obrázek 2.4-4

sjednocení systému gantry (vlevo), jednoduchého a zahnutého singlerail systému s točnami.

2.5 Systémy kolejnic, přepínačů a nabíjení

Výhybkových systémů je opět vyvinutá celá řada. Stropní systémy pro manipulaci s pacienty byly původně vyvíjeny zejména pro manipulaci pacientů v nemocničních či rehabilitačních zařízeních, což jsou většinou několikapatrové komplexy. Až v nynější době se úspěšně aplikují také do domácností, kde mohou často nastat komplikovanější situace. K vyřešení takovýchto situací byla nejen kolejiště, ale i motory upraveny či doplněny o různé pomocné prvky, jako jsou například přechody mezi kolejemi (obr. 2.5-1 a 2.5-2), vložený nemocniční závěs (obr. 2.5-3), točna (obr. 2.5-4), rychloupínací systém motorů (obr. 2.5-5) a další. Stropní zvedací systémy mají také specifické požadavky na pevnost zdí a stropů, k nimž jsou přimontovány.



Obrázek 2.5-1 - příklad přechodu z traverse systému na rovnou kolej nebo může být použit k přechodu mezi místnostmi



Obrázek 2.5-2 - příklad přechodu z traverse systému na rovnou kolej nebo může být použit k přechodu mezi místnostmi



Obrázek 2.5-3 - záclonové systémy, které poskytují více soukromí.



Obrázek 2.5-4 – manuální točna, která umožňuje propojit koleje až v 15 různých směrech v intervalech po 22°.



Obrázek 2.5-5 Jsou k dispozici různá řešení uchycení pohonů a pohonných jednotek tak, aby se daly snadno přesunout mezi místnostmi nebo podlažími.



Obrázek 2.5-6 - systém je navržen tak, aby využíval co nejméně prostoru pod stropem místnosti.



Obrázek 2.5-7

Zatáčky na kolejnicích se dají také řešit pomocí radiusů na kolejnicích (obr. 2.5-7). Tyto radiusy však vyžadují zcela odlišné jezdce s menší délkou. Zatočení kolejnic může být až o 90°.

Další problematikou k řešení u stropních zvedáků je jejich nabíjení. Jsou tři možnosti, jak lze dobít pohonnou jednotku.

- Ruční ovládání: Nástěnnou nabíječkou (obr. 2.5-8)
- Staniční nabíjení: Vždy v určitém místě na kolejové trati (obr. 2.5-9).
- IN-rail nabíjení: vedení je přímo v kolejnici. Pohon je tím pádem vždy připojen k napájení a připraven ke zvedání (obr. 2.5-10).



Obrázek 2.5-8



Obrázek 2.5-9



Obrázek 2.5-10

2.6 Popruhy a vaky

Pacienta můžeme transportovat v různých polohách v závislosti na jeho stavu. Veškeré stropní systémy pro transport pacientů využívají textilních vaků.



Obrázek 2.6-1 – pro pomoc při chůzi



Obrázek 2.6-2 – pro manipulaci vsedě s oběžnými pacienty



Obrázek 2.6-3 – pro manipulaci v horizontální poloze pacienta



Obrázek 2.6-4 - pro posouvání pacienta



Obrázek 2.6-5 – pro zvedání končetin pacienta



Obrázek 2.6-6 – pro hygienické účely



Obrázek 2.6-7 - pro amputované pacienty



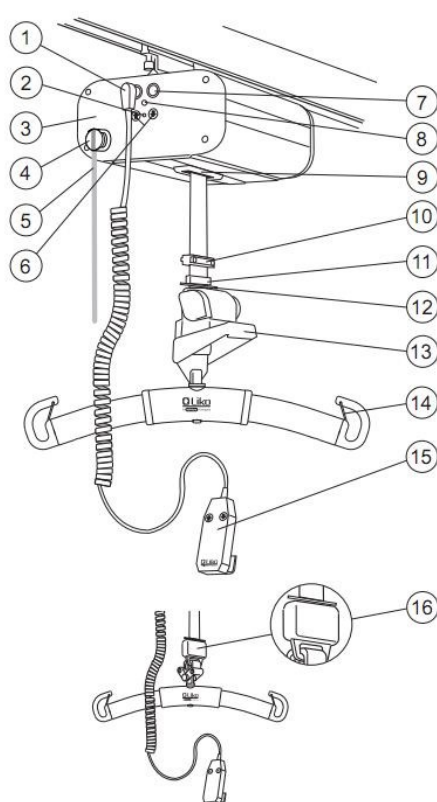
Obrázek 2.6-8 - popruhy pro zvedání ze země

Těch je opět celá řada a volíme je v závislosti na způsobu přepravy, hmotnosti pacienta a účelu manipulace s pacientem. Popruhy se zavěšují na speciální ramínka, která jsou buďto součástí pohonné jednotky nebo jsou pod pohonnou jednotkou na navíjeném laně v závislosti na druhu jednotky.

2.7 Pohonné jednotky

Nejdůležitější součástí stropních systémů jsou jejich pohony. Mohou se lišit v mnoha parametrech a lze si tak vybrat pohon přesně pro danou aplikaci. Liší se zejména nosnostmi, rozsahy zdvihu, přenosnostmi, možnostmi nabíjení, možnostmi ovládání. Také lze mnoho z nich dovybavit přídatnými zařízeními, jako je pohon pro translační pohyb po kolejnici.

Př. Pohonné jednotky



Obrázek 2.7-1

1. Připojení ručního ovládání
2. Indikace: nabíjení
3. Koncový kryt
4. Tlačítko emergency stop
5. Táhlo emergency stop
6. Nouzové snižování/zvyšování (elektrické)
7. Vstup transferový motor/kontakt s kolejí
8. IR (InfraRed) přijímač
9. SSP koncový spínač
10. Zarážka pásu
11. Pohyblivá zarážka pásu
12. Věšák na ruční ovládání
13. Mechanické nouzové snížení výšky
14. Pojistky proti vysmeknutí textilního popruhu
15. Ruční ovládání s kabelem
16. Rychloupínací hák

Na příkladu pohonné jednotky (obr. 2.7-1) lze vidět některé prvky, které taková jednotka může obsahovat. Součástí téměř každé jednotky jsou ochranné prvky jako tlačítka emergency stop (4., 5.), nouzové snižování/zvyšování výšky pacienta (6., 13.), koncové spínače (9). Tento typ pohonu je pevně zapojen v kolejnici. Zvedá se tedy pouze pacient. Na obrázku jde také vidět IR přijímač (8.) reagující na IR dálkové ovládání (obr. 32), kterým lze nahradit ruční

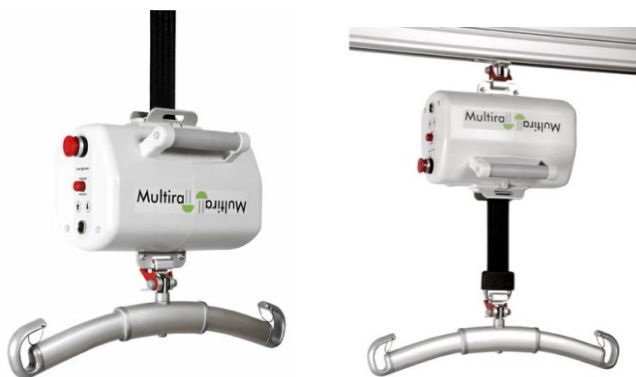
ovládání připojené k pohonné jednotce (15.). Jednotku lze dále dovybavit transferovým pohonem umožňujícím dálkově ovládat také pohyb po koleji.

Další druhy pohonných jednotek

Je celá řada typů pohonných jednotek, a to zejména z hlediska zvedaných částí mechanismu a umístění závěsných prvků pro textilní popruhy. Když pomineme jejich tvarové odlišnosti, lze je shrnout do 3 základních typů. První typ lze vidět na (obr. 2.7-1), kde je zvedán pouze pacient s ramínkem v textilním vaku. Tento druh pohonu v drážce je zdaleka nejvyužívanější a má mnoho výhod, především z hlediska nabíjení.

Dalším typ pohonné jednotky je uveden na (obr. 2.7-2), kde je zvedán pacient spolu s pohonnou jednotkou. Tento druh pohonné jednotky lze snadno vyjmout z drážky díky jednoduchému uchycení k jezdcí, a proto je snadno přenosný a lze jej připojit k mnoha druhům jezdců. Po otočení jej lze využít podobně jako předcházející.

Poslední typ manipulátoru (obr. 2.7-3) má ramínko na textilní popruhy pevně připojené k pohonné jednotce. Z toho vyplývá, že je opět nutno zvedat celou pohonnou jednotku i s pacientem.



Obrázek 2.7-2

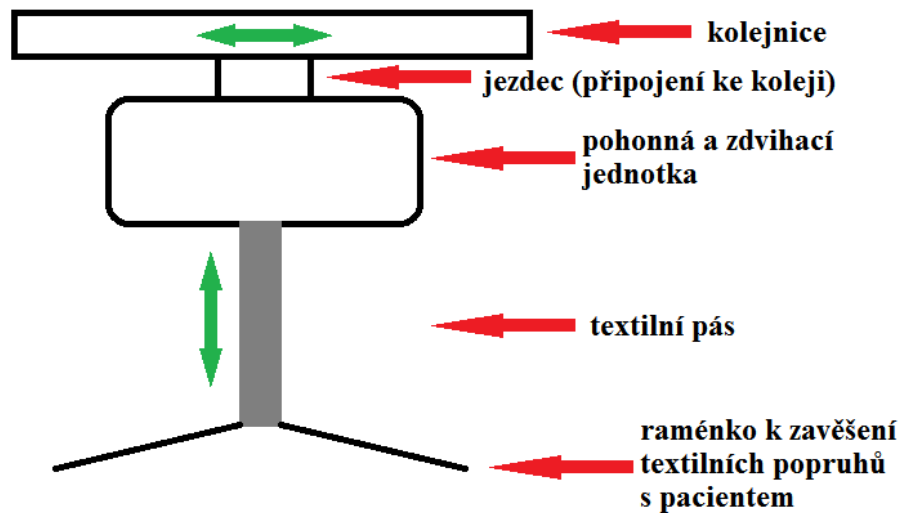


Obrázek 2.7-3

3 Varianty

3.1 Varianty 1

Variant 1



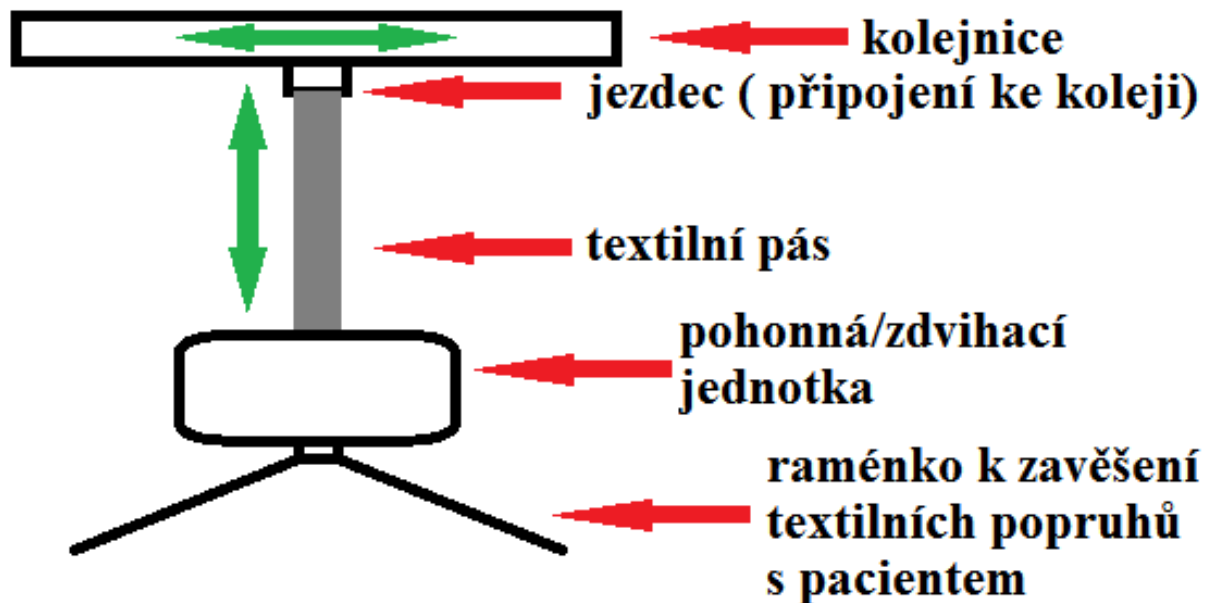
Obrázek 3.1-1

Výhody:

1. Možnosti napájení jsou - skrz kolejnici pomocí kartáčových sběračů; za pomoci nabíjecích stanic; přes jednotku dálkového ovládání.
2. Jednoduché řešení pohonu pro pohyb v ose.
3. Zvedání pouze pacienta s raménkem
4. Pevné připojení ke koleji (manipulátor se nemá možnost rozhoupat).
5. Možnost výměny a použití různých typů ramének.

Nevýhody:

1. Složitější připojení k jezdci na kolejnici.
2. V případě vysokých stropů špatný přístup k zařízení.
3. Ve většině případů žádná či špatná přenosnost (řešení bývají permanentními).

Varianta 2

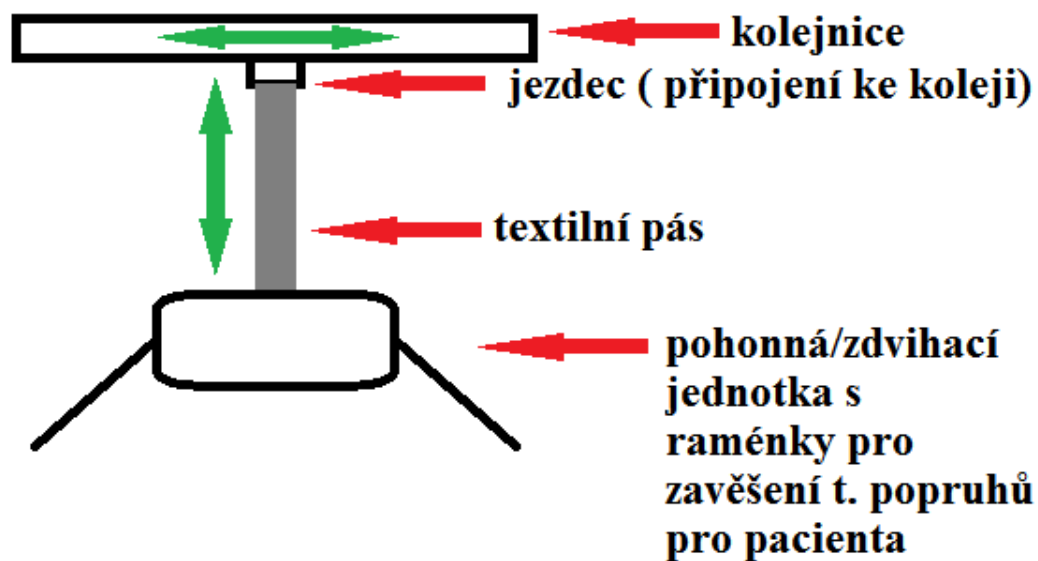
Obrázek 3.1-2

Výhody:

1. Snadné připojení manipulátoru do drážky pomocí jednoduchých háků s pojistkou.
2. Možnost výměny a použití různých typů ramének.
3. Snadná přenosnost.
4. Snadný přístup k zařízení.

Nevýhody:

1. Možnost houpavého pohybu manipulátoru (vznikají tak větší momenty na pohon manipulátoru).
2. Napájení bývá možné pouze skrz stanici pro jednotku dálkového ovládání.
3. Složité připojení pohonu pro pohon v koleji.
4. Je zvedána navíc také hmotnost manipulátoru.

Varianta 3

Obrázek 3.1-3

Výhody:

1. Snadné připojení manipulátoru do drážky pomocí jednoduchých háků s pojistkou.
2. Snadná přenosnost.
3. Snadný přístup k zařízení.
4. Pevné a stabilní uchycení textilního vaku k manipulátoru

Nevýhody:

1. Možnost houpavého pohybu manipulátoru (vznikají tak větší momenty na pohon manipulátoru).
2. Napájení bývá možné pouze skrz stanici pro jednotku dálkového ovládání.
3. Složité připojení pohonu pro pohon v koleji.
4. Je zvedána navíc také hmotnost manipulátoru.
5. Nemožnost výměny a použití různých typů ramének.

3.2 Hodnotová analýza 1

Kritéria

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Zvedané hmoty	Hmoty zvedané v průběhu navíjení lana.
K2	Připojení	Náročnost připojení pohonu do drážky.
K3	Zavěšení pacienta	Způsob zavěšení ramének.
K4	Napájení	Zhodnocení možností napájení dané varianty.
K5	Těžiště	Nároky na polohu těžiště vzhledem k pevnosti připojení k drážce (6 - žádné; 1 - velké).
K6	Raménka	Možnost použití více druhů ramének
K7	Pohon v ose	Možnost připojení pohonu do osy kolejnice

Tabulka 3-1

	Kritérium	V1	V2	V3
K1	Zvedané hmoty	Pouze pacient	Manipulátor s pacientem	Manipulátor s pacientem
K2	Připojení	Pevné	Pomocí háků	Pomocí háků
K3	Zavěšení pacienta	Volně na raménku k navíjecímu lanu	Volně na raménku k manipulátoru	Na pevně připojeném raménku k man.
K4	Napájení	Lze využít tři zp. napájení	Napájení z akumulátorů	Napájení z akumulátorů
K5	Těžiště	Téměř žádné nároky	Velké nároky	Velké nároky
K6	Raménka	Veškeré dostupné varianty	Veškeré dostupné varianty	Pouze na připojená raménka
K7	Pohon v ose	Ano	Ne	Ne

Tabulka 3-2

Metoda porovnávání párů

Pro váhu významnosti „q“ byla zvolena lineární závislost.

$$q = 0,25 \cdot v \cdot 0,75$$

Porovnávané páry kritérií						Počet voleb v	Pořadí	Váha významnosti q
K1	K1	K1	K1	K1	K1	3	2, 3	1,5
K2	K3	K4	K5	K6	K7	-		
	K2	K2	K2	K2	K2	3	4, 5	1,5
	K3	K4	K5	K6	K7			
		K3	K3	K3	K3	0,5	6, 7	0,875
		K4	K5	K6	K7			
			K4	K4	K4	5	1, 2	2
			K5	K6	K7			
				K5	K5	3	4, 5	1,5
				K6	K7			
					K6	0,5	6, 7	0,875
					K7	5,5	1, 2	2,125

Tabulka 3-3

Rozdělení a dosazení hodnot vybraným kritériím

Hodnoty kritérií	
vysoká úroveň	6
dobrá úroveň	5
průměrná úroveň	4
nízká úroveň	3
nevyhovující úroveň	2
nepříznivý stav	1

Kritérium	V1	V2	V3
K1	5	3	4
K2	4	5	5
K3	4	5	3
K4	5	3	3
K5	5	4	3
K6	5	5	3
K7	6	3	3

Tabulka 3-5

Tabulka 3-4

Zhodnocení a výběr optimální varianty

Kritérium	Varianta 1		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	5	1,5	7,5
K2	4	1,5	6
K3	4	0,875	3,5
K4	5	2	10
K5	5	1,5	7,5
K6	5	0,875	4,375
K7	6	2,125	12,75
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 1			51,625

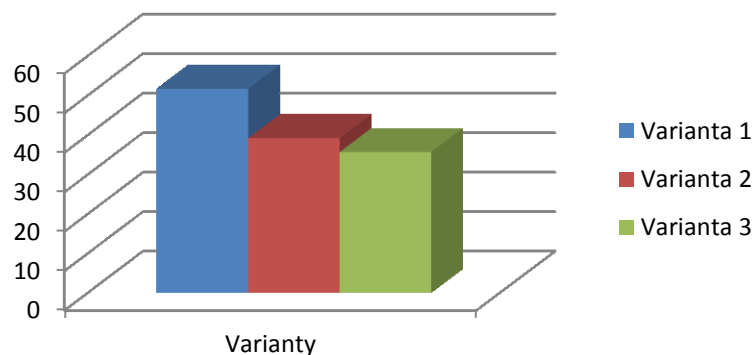
Tabulka 3-6

Kritérium	Varianta 2		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	3	1,5	4,5
K2	5	1,5	7,5
K3	5	0,875	4,375
K4	3	2	6
K5	4	1,5	6
K6	5	0,875	4,375
K7	3	2,125	6,375
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 2			39,125

Tabulka 3-7

Kritérium	Varianta 3		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	4	1,5	6
K2	5	1,5	7,5
K3	3	0,875	2,625
K4	3	2	6
K5	3	1,5	4,5
K6	3	0,875	2,625
K7	3	2,125	6,375
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 3			35,625

Tabulka 3-8



Graf 3.2-1

Z hodnotové analýzy vyplývá, že optimální variantou je „Varianta 1“ (graf 3-1), která se vyznačuje nejlepšími vlastnostmi z hlediska napájení, požadavků na pohony, možností výběru ramének.

4 Konstrukční varianty

4.1 Požadavkový list

- | | |
|---|--------------|
| 1. Maximální hmotnost | 15 kg |
| 2. Nosnost | 200 - 300 kg |
| 3. Minimální zdvih | 2 m |
| 4. Minimální rychlost zdvihu | 5 cm/s |
| 5. Trolejové napájení | |
| 6. Napájení bezpečným napětím | do 48 V |
| 7. Maximální výška zařízení (i s kolejnicí) | do 300 mm |
| 8. Možnost využití více typů ramének | |
| 9. Minimální vnější rozměry | |

4.2 Předběžný návrh pohonu

Výpočet délky lana:

Požadovaná délka $l = 2 \text{ m}$

Počáteční průměr bubnu $d_{pb} = 25 \text{ mm}$průměr se navíjením lana při každé otáčce zvětší o 1 mm. Odhad konečného průměru bubnu $d_{kb} = 50 \text{ mm}$

$$l = \sum_{d_b=25}^{50} \pi d_b = 3063 \text{ mm}$$

hmotnost zátěže	gravitační zrychlení	průměr bubnu	zrychlení
$m = 300 \text{ kg}$	$g = 9,823 \text{ m/s}^2$	$d_b = 0,025 - 0,05 \text{ m}$	$a = 0,05 \text{ m/s}^2$

Síla F od břemene:

$$F = m \cdot (g + a)$$

$$F = 300 \cdot (9,823 + 0,05)$$

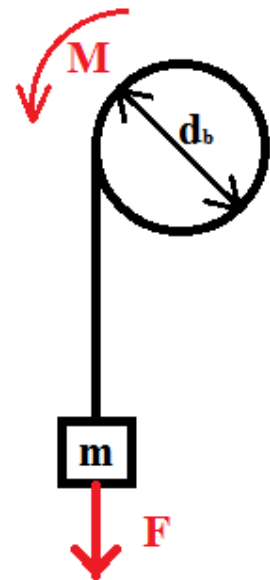
$$F = 2961,9 \text{ N}$$

Maximální vstupní moment M působící na hřídel převodovky:

$$M = F \cdot \left(\frac{d_b}{2}\right)$$

$$M = 2961,9 \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)$$

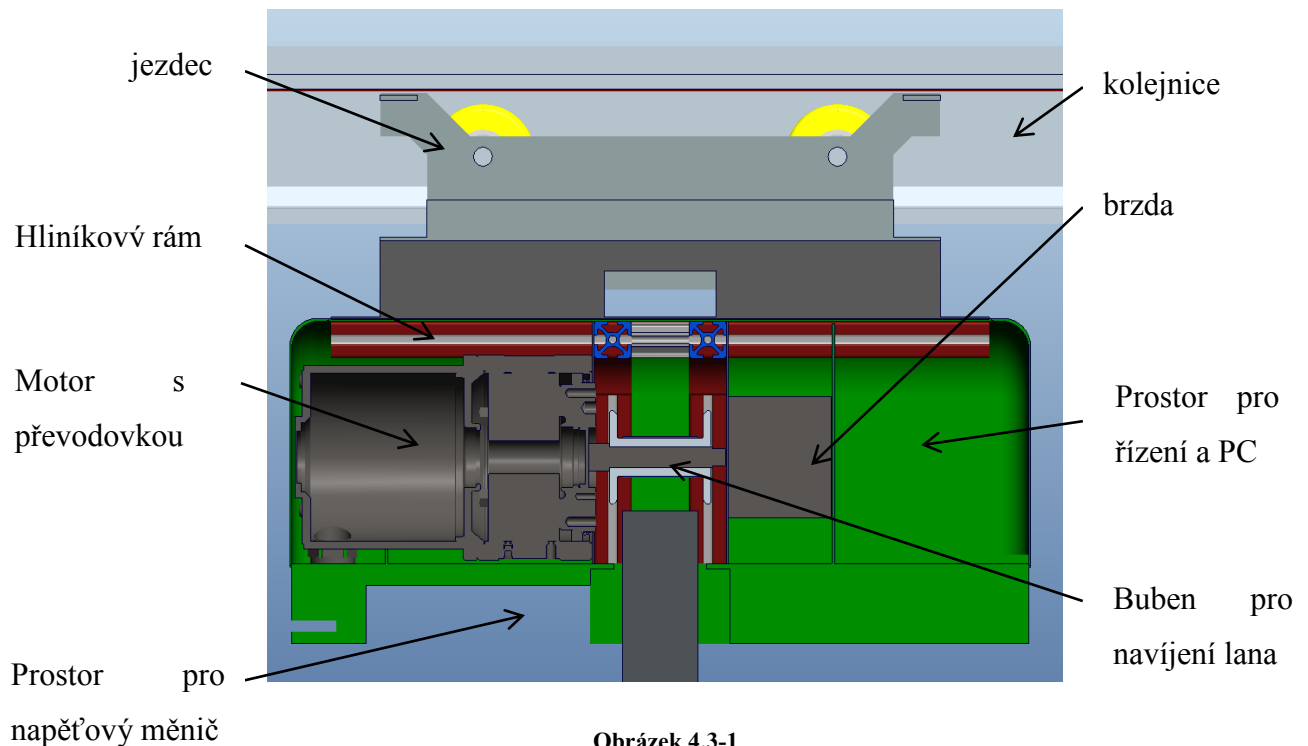
$$M = \underline{\underline{74,0475 \text{ Nm}}}$$



Obrázek 4.2-1

4.3 Varianty

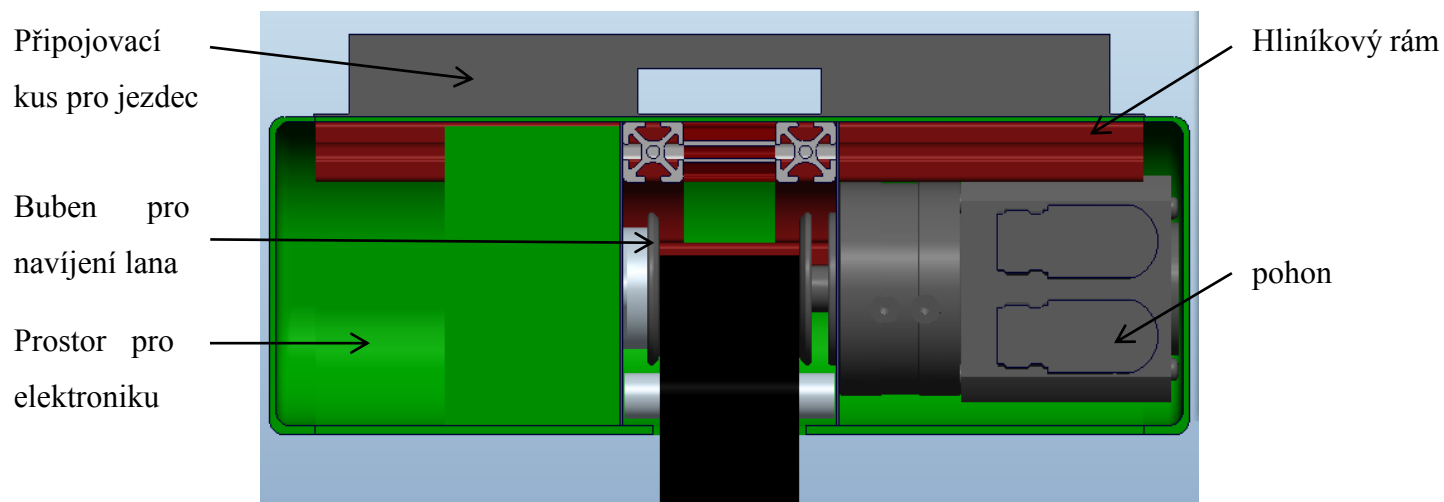
Variantá 1



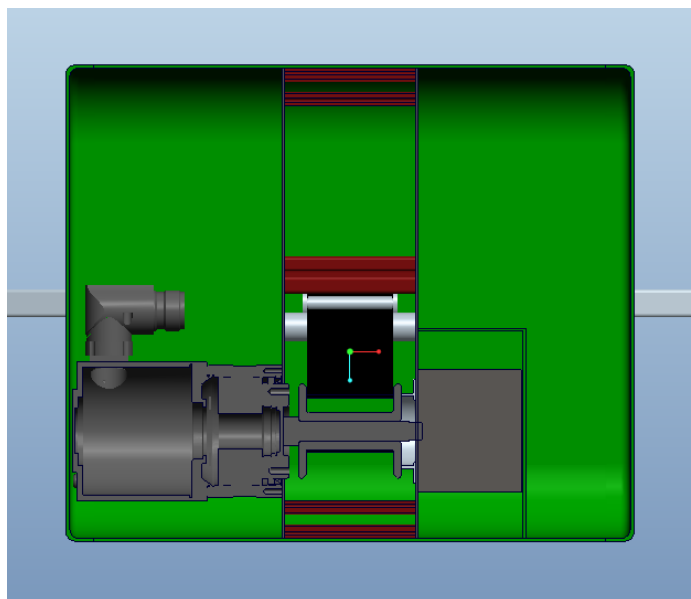
Kompaktní varianta vymyšlená s důrazem na umístění těžiště uprostřed manipulátoru a to v obou směrech. To by mohlo v budoucím návrhu varianty umožnit opačné použití, tedy připojení háky k jezdci a spouštění samotného manipulátoru. Přesná poloha těžiště je nutná také kvůli rovnoměrnému zatížení kolejnice. Ke zkrácení délky bylo nutno umístit brzdu naproti pohonu na druhou stranu bubnu. Na opačné straně je také umístěno veškeré elektronické zařízení, kromě měniče napětí, pro nějž byl vytvořen prostor přímo pod pohonem.

Rozměry:	400 x 150 x 180 - D x Š x V
Hmotnost:	10 kg (bez jezdce)
Pohon:	Drivespin DS110 (bez brzdy); $M_n=122$ Nm
Konstrukce:	Hliníkové profily ITEM24 20x20 mm

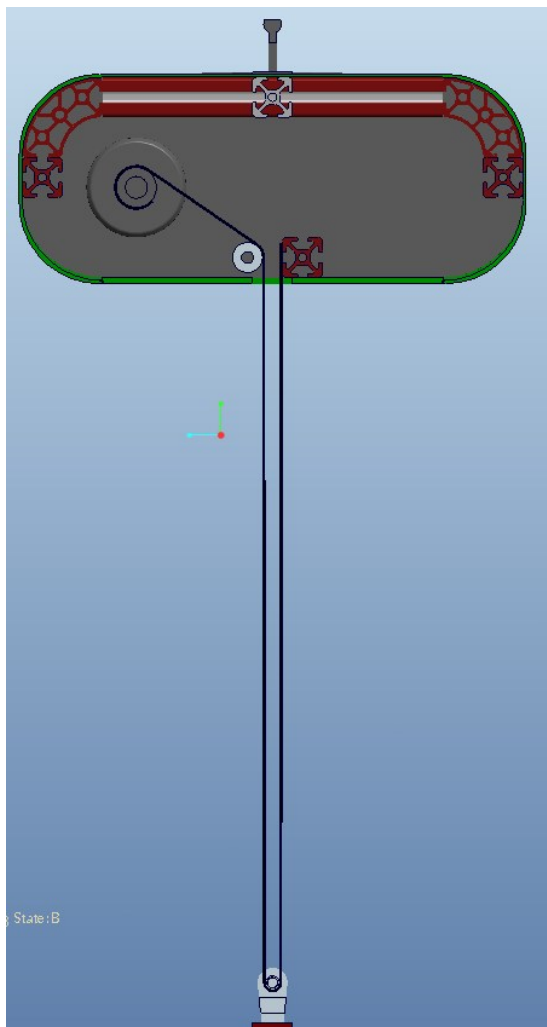
Nosnost:	500 kg / 3 m (délka lana) 300 kg / 9,5 m (délka lana)
Brzda:	DunkerMotoren E 100 R $M_b=150$ Ncm
Napájení:	24 V DC (pomocí kartáčových sběračů na jezdcí v kolejnici)

Variant 2

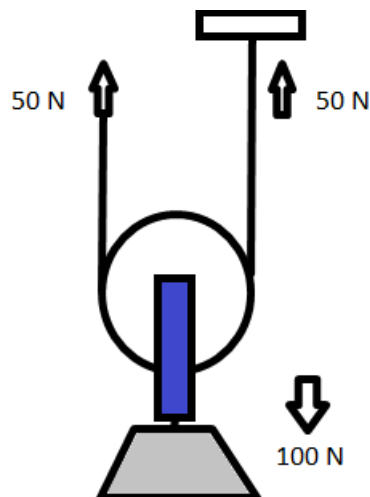
Obrázek 4.3-2



Obrázek 4.3-3



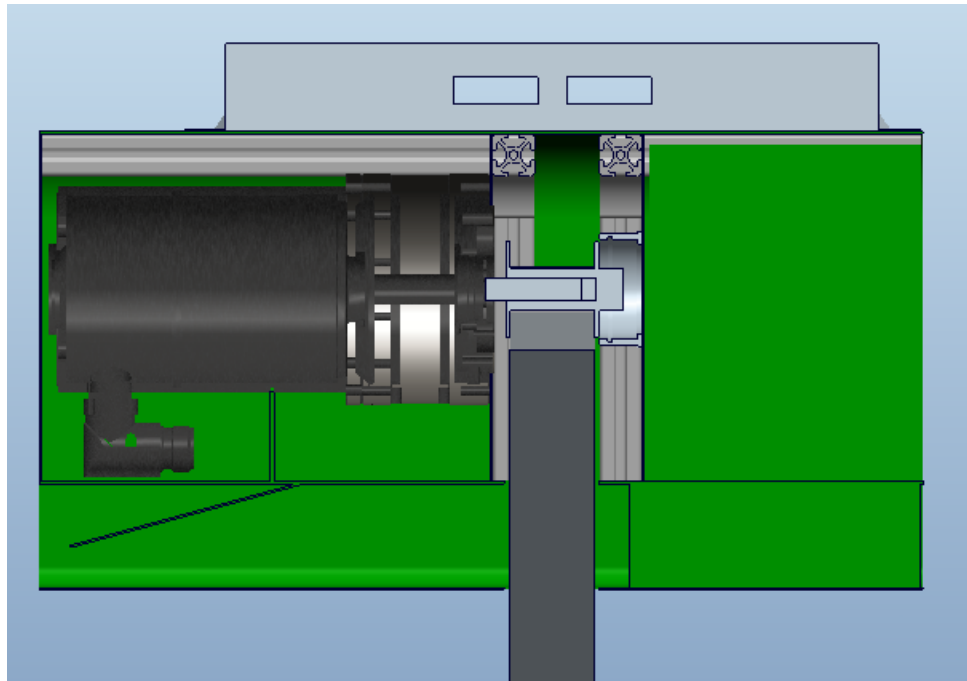
Obrázek 4.3-5



Obrázek 4.3-4 – znázornění funkce kladky (velikosti sil pouze k uvedení)

Druhá varianta opět klade důraz na co nejmenší rozměry a umístění těžiště do středu zařízení. Je zde využito menšího a slabšího pohonu, čímž bylo dosaženo určitého snížení hmotnosti. Menší výstupní moment na hřídeli převodovky je kompenzován využitím jednoduché kladky (obr. 8 – 3), která snižuje potřebný moment na výstupu o polovinu.

Rozměry:	300 x 250 x 100 - D x Š x V
Hmotnost:	6,5 kg (bez jezdce)
Pohon:	DriveSpin DS70 (bez brzdy); $M_n=50$ Nm
Konstrukce:	Hliníkové profily ITEM24 20x20 mm
Nosnost:	500 kg / 1,6 m (délka lana) 300 kg / 6 m (délka lana)
Brzda:	DunkerMotoren E 100 R $M_b=150$ Ncm
Napájení:	24 V DC (pomocí kartáčových sběračů na jezdci v kolejnici)

Varianta 3**Obrázek 4.3-6**

Třetí varianta je navržena se stejným pohonem jako varianta 1 s rozdílem umístění brzdy. Brzda je instalována do pohonné jednotky (na rychlé straně převodovky). Není třeba tedy brzdit takový moment jako v ostatních případech a rozměry brzdy lze z toho důvodu značně zmenšit. Těžiště této varianty se tím posunulo ze středu konstrukce. Potřebná elektronika bude rovněž umístěna na opačné straně od pohonu. Měnič a senzorický subsystém budou umístěny ve spodní části manipulátoru.

Rozměry: 500 x 150 x 220 – D x Š x V

Hmotnost: 12 kg (bez jezdce)

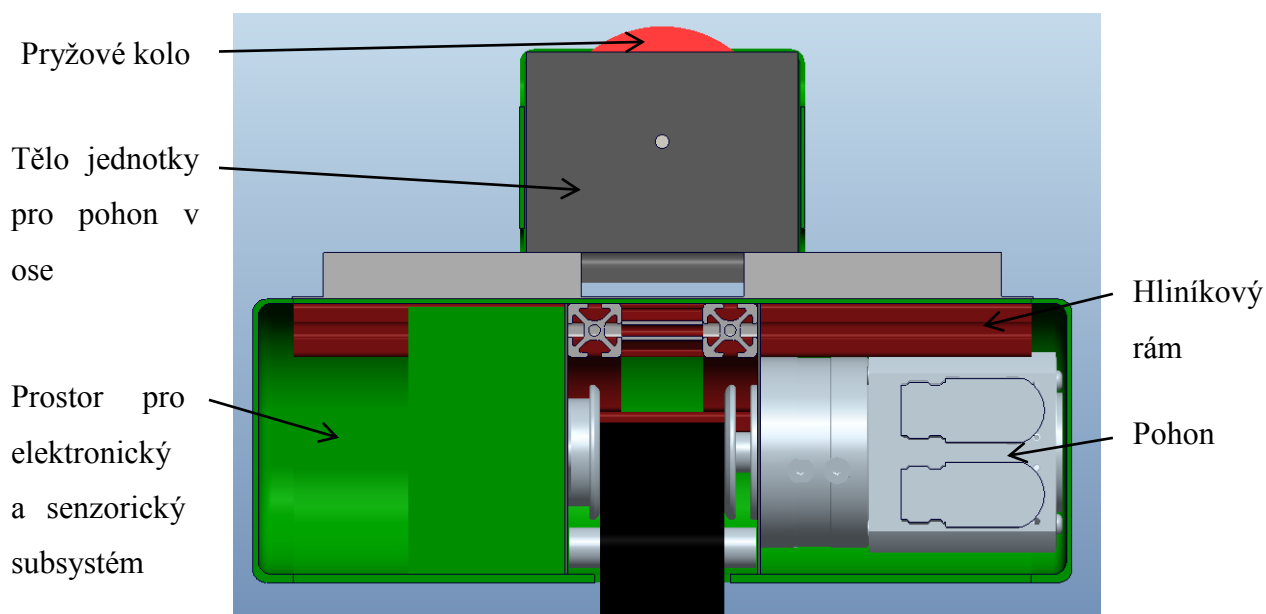
Pohon: Drivespin DS110 s brzdou; $M_n=122$ Nm

Konstrukce: Hliníkové profily ITEM24 20x20 mm

Nosnost: 500 kg / 3 m (délka lana)

300 kg / 9,5 m (délka lana)

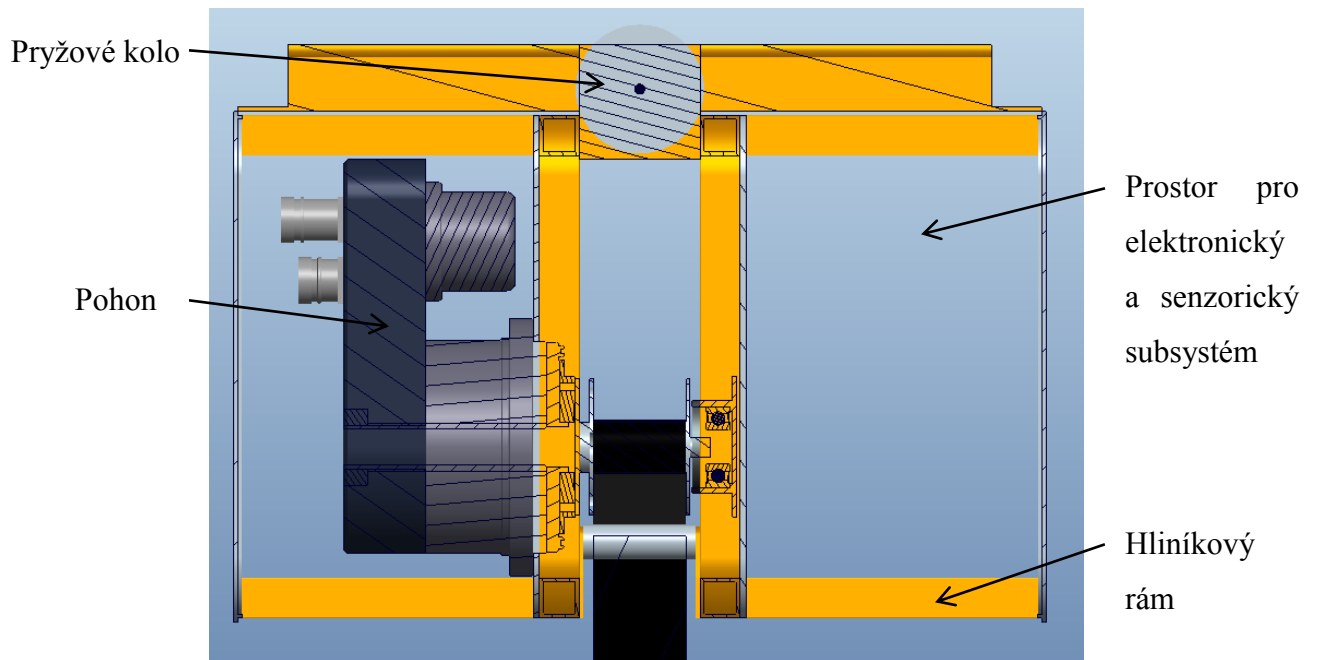
Napájení: 36 V DC (pomocí kartáčových sběračů na jezdci v kolejnici)

Varianta 4

Obrázek 4.3-7

Varianta je konstrukčně totožná s variantou 2. Je však doplněná o pohon umožňující pohyb v ose koleje. Manipulátor je v drážce poháněn pomocí pryžového kola, jež je přitlačeno ke spodní straně profilu kolejnice. Tento pohon velmi usnadní obsluhu manipulaci s pacientem. Ta zde bude nutná pouze, pro upevnění pacienta do textilních popruhů.

Rozměry:	300 x 250 x 200 - D x Š x V
Hmotnost:	7 kg (bez jezdce)
Pohon:	DriveSpin DS70 (bez brzdy); $M_n=50$ Nm
Pohon v ose koleje:	2-fázový DC krokový motor, $M_n=0,24$ Nm
Konstrukce:	Hliníkové profily ITEM24 20x20 mm
Nosnost:	500 kg / 1,6 m (délka lana) 300 kg / 6 m (délka lana)
Brzda:	DunkerMotoren E 100 R $M_b=150$ Ncm
Napájení:	24 V DC (pomocí kartáčových sběračů na jezdci v kolejnici)

Varianta 5**Obrázek 4.3-8**

Varianta s pohonem usazeným svisle ve svařované konstrukci manipulátoru. Rám je tentokrát vytvořen z jednoduchých hliníkových profilů. Varianta rovněž obsahuje pohon pro pohyb v ose koleje.

Rozměry:	400 x 170 x 250 – D x Š x V
Hmotnost:	10 kg (bez jezdce)
Pohon:	HarmonicDrive FHA-C s brzdou; $M_n = 64 \text{ Nm}$
Pohon v ose koleje:	2-fázový DC krokový motor, $M_n = 0,24 \text{ Nm}$
Konstrukce:	Hliníkové FERONA 20x20 mm
Nosnost:	300 kg / 2 m (délka lana)
Napájení:	240 V DC (pomocí kartáčových sběračů na jezdci v kolejnici)

4.4 Hodnotová analýza 2

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Hmotnost	Hmotnost manipulátoru
K2	Nosnost/Zdvih	Maximální hmotnost zvedaných hmot (pacienta)/Délka lana
K3	Rozměry	Rozměry manipulátrou (délka x šířka x výška)
K4	Pohon v ose	Pohon v ose kolejnice
K5	Konstrukce	Složitost konstrukce
K6	Cena	Cenové zhodnocení varianty

Tabulka 4-1

	Kritérium	V1	V2	V3	V4	V5
K1	Hmotnost	10 kg	6,5 kg	12 kg	7 kg	10 kg
K2	Nosnost	300 kg / 9,5 m	300 kg / 6 m	300 kg / 9,5 m	300 kg / 6 m	300 kg / 2 m
K3	Rozměry	400 x 150 x 180	350 x 250 x 100	500 x 150 x 220	300 x 250 x 200	400 x 170 x 250
K4	Pohon v ose	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano
K5	Konstrukce	Malá	Střední	Malá	Velká	Velká
K6	Cena	45 000 Kč	35 000 Kč	35 000 Kč	40 000 Kč	40 000 Kč

Tabulka 4-2

hodnoty kritérií	
vysoká úroveň	6
dobrá úroveň	5
průměrná úroveň	4
nízká úroveň	3
nevyhovující úroveň	2
nepříznivý stav	1

Tabulka 4-3

Kritérium	V1	V2	V3	V4	V5
K1	4	5	3	5	4
K2	5	4	5	4	3
K3	5	6	4	4	3
K4	3	3	3	5	5
K5	5	4	5	3	3
K6	4	5	5	4	3

Tabulka 4-4

Porovnávané páry kritérií					Počet voleb v	Pořadí	Váha významnosti q
K1	K1	K1	K1	K1	1,5	3, 4	1,125
K2	K3	K4	K5	K6	-		
	K2	K2	K2	K2	4,5	1, 2	1,875
	K3	K4	K5	K6			
		K3	K3	K3	2,5	3, 4	1,375
		K4	K5	K6			
			K4	K4	4,5	1, 2	1,875
			K5	K6			
				K5	1	5, 6	1
				K6	1	5, 6	1

Tabulka 4-5

Kritérium	Varianta 1		
	Hodnota	Váha významnosti kritéria q	Vážený index kritéria I_{ij}^*
K1	4	1,125	4,5
K2	5	1,875	9,375
K3	5	1,375	6,875
K4	3	1,875	5,625
K5	5	1	5
K6	4	1	4
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 1			35,375

Tabulka 4-6

Kritérium	Varianta 2		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	5	1,125	5,625
K2	4	1,875	7,5
K3	6	1,375	8,25
K4	3	1,875	5,625
K5	4	1	4
K6	5	1	5
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 2			36

Tabulka 4-7

Kritérium	Varianta 3		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	3	1,125	3,375
K2	5	1,875	9,375
K3	4	1,375	5,5
K4	3	1,875	5,625
K5	5	1	5
K6	5	1	5
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 3			33,875

Tabulka 4-8

Kritérium	Varianta 4		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria I_{ij}^*
K1	5	1,125	5,625
K2	4	1,875	7,5
K3	4	1,375	5,5
K4	5	1,875	9,375
K5	3	1	3
K6	4	1	4
Celkový součet vážených indexů I_{ij}^* varianty 3			35

Tabulka 4-9

Kritérium	Varianta 5		
	Hodnota	Váha významnosti kriteria q	Vážený index kriteria l_{ij}^*
K1	4	1,125	4,5
K2	3	1,875	5,625
K3	3	1,375	4,125
K4	5	1,875	9,375
K5	3	1	3
K6	3	1	3
Celkový součet vážených indexů l_{ij}^* varianty 3			29,625

Tabulka 4-10

5 Konstrukční řešení optimální varianty

5.1 Pohon

5.1.1 Návrh pohonu

Návrh vstupních parametrů pro návrh pohonu

Výpočet délky lana a zjištění maximálního průměru bubnu

zvolený minimální průměr bubnu	max. průměr bubnu	tloušťka pásu	Minimální celková délka lana	π
d_{bmin}	d_{bmax}	t	l_c	π
25	59	0,5	3000	3,1415927
mm	mm	mm	mm	

Při úvaze, že průměr bubnu při tloušťce lana vzroste o 1 mm na jedno otočení, lze pak snadno spočítat, za kolik otočení dosáhne navinutá délka lana l_c minimální hodnoty 3 m. Z této úvahy lze také následně odvodit maximální potřebný průměr bubnu d_{bmax} .

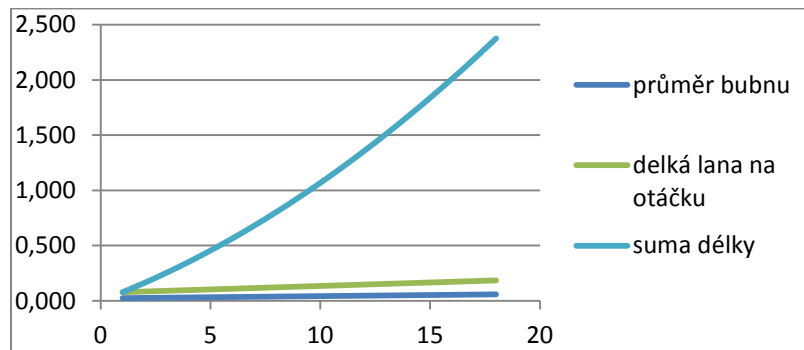
$$l = \sum_{d=25}^{59} \pi \cdot d = 4,618 \text{ m} > l_{min}$$

$$d_{bmax} < d_{zvol} \rightarrow \text{znova volím } d_{bmax} = 0,050 \text{ m}$$

$$l = \sum_{d=25}^{50} \pi \cdot d = 3,068 \text{ m} > l_{min} \rightarrow \underline{\underline{d_{bmax} = 50 \text{ mm}} \text{ při } \underline{\underline{l = 3068 \text{ mm}}}}$$

$$l = l_c$$

Maximální průměr bubnu tedy volím 57 mm. Této hodnoty průměru dosáhne cca za 17 otočení.



Graf 5.1-1

Výpočet momentu

hmotnost zátěže	Zrychlení	průměr bubnu	poloměr bubnu (při maximálním navinutí	koefficient bezpečnosti
m	g	d_{bmax}	r_b	k_b
250	10	0,050	0,025	1,5
kg	m/s^2	m	m	-

$$M_z = ((m \cdot g) \cdot r_b) \cdot k_b$$

$$M_z = ((250 \cdot 10) \cdot 0,025) \cdot 1,5 = 101,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Při úvaze jednoduché kladky lze počítat tento moment poloviční \rightarrow

$$M_z = (((m \cdot g) \cdot r_b + 5)/2) \cdot k_b$$

$$M_z = \left(((250 \cdot 10) \cdot 0,025)/2 \right) \cdot 1,5 = \underline{\underline{50,625 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Toto je tedy potřebný výstupní moment na ose bubnu

výpočet výstupních otáček

Požadovaná rychlost	délka lana na jedno otočení
v_z 0,050 m/s	l_{otmin} 0,079 m
	l_{otmax} 0,173 m

$$n_{pmin} = (v_z/l_{otmax}) \cdot 60 = (0,05/0,173) \cdot 60 = 17,362 \text{ ot/min}$$

$$n_{pmax} = (v_z/l_{otmin}) \cdot 60 = (0,05/0,079) \cdot 60 = 38,2 \text{ ot/min}$$

$$(n_p/60) \cdot 2\pi = \omega$$

minimální požadované otáčky	maximální požadované otáčky
n_{pmin} 17,362 ot/min	n_{pmax} 38,20 ot/min
ω_{min} 1,82 rad/s	ω_{max} 4 rad/s

Toto je počet otáček pouze pokud bychom nebrali v úvahu využití kladky. V případě jejího využití musíme otáčky násobit dvěma, rychlost zvedání bude dvakrát menší.

minimální požadované otáčky	maximální požadované otáčky
n_{pmin} 47,746 ot/min	n_{pmax} 76,39 ot/min
ω_{min} 3,77 rad/s	ω_{max} 8 rad/s

$$\Delta_n = \left(n_{pmax} - \left(\frac{l_s}{\frac{d_{bmax}}{\pi} \cdot 2 \cdot 60} \right) \right) / n_{pmax}$$

$$\Delta_n = \left(76,39 - \left(\frac{0,05}{\frac{0,05}{\pi} \cdot 2 \cdot 60} \right) \right) / 76,39 = \left(76,39 - \left(\frac{180}{\pi} \right) \right) / 76,39 = \underline{\underline{50\%}}$$

Změna rychlosti zvedání
Δ_n
50
%

Nutno také zavést pojem efektivní délky zdvihu z předpokladu, že pacient nebude zdvihán v celém rozsahu možností manipulátoru. Při manipulačních činnostech, jako je transport pacienta z postele do invalidního vozíku či do vany, bude potřebný zdvih maximálně 0,5 m, což výrazně ovlivní procento změny rychlosti zvedání.

Výkon motoru:

$$P_m = \frac{M_z}{\eta} \cdot \omega_{max}$$

$$P_m = (53,43/0,85) \cdot 4 = \underline{\underline{251,47 \text{ W}}}$$

5.2 Pohon TG DRIVE DS70

Na základě vypočtených vstupních parametrů a požadavků kladených především na rozměry pohonné jednotky byla vybrána kombinace AC servomotoru a cykloidní převodovky firmy TG Drives. Vyznačuje se především malými rozměry, vysokým přenášeným momentem

a poměrně vysokým výkonem. Vzhledem k vysokým momentům kladeným na brzdu na pomalé straně převodovky bylo v návrhové části rozhodnuto o využití menší brzdy v rámci pohonné jednotky, která bude brzdit moment na straně motoru.

Vlastnosti:
(dle výrobce)

- kompaktní konstrukce
- velmi nízká vůle
- vynikající dynamické parametry
- vysoká torzní a klopná tuhost
- malé rozměry, nízká hmotnost
- jednoduchá instalace
- radiálně-axiální ložiska pro velkou zátěž
- bezúdržbový provoz

Aplikační
možnosti:

- robotika, manipulátory
- CNC stroje a CNC řezací stoly
- otočné stoly
- ohýbačky
- lékařská zařízení
- aplikace v letectví
- simulátory
- výroba polovodičů
- radarové systémy



Obrázek 5.2-1

Parametry TS110

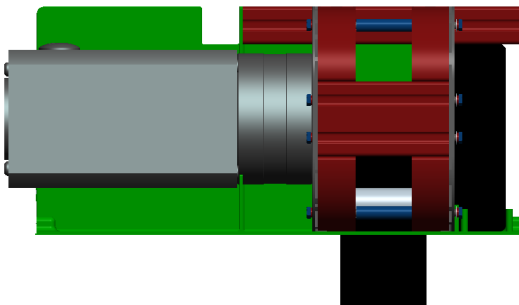
Parametry převodovky			
Převodový poměr	i	135	-
Jmenovitý moment	M_{2n}	122	Nm
Krátkodobý moment	M_{2max}	244	Nm
Jmenovité vstupní otáčky	n_N	2000	Ot/min
Maximální vstupní otáčky	n_{max}	5000	Ot/min

Parametry motoru			
Napětí	U_{DC}	24	V DC
Jmenovitý moment	M_N	0,86	Nm

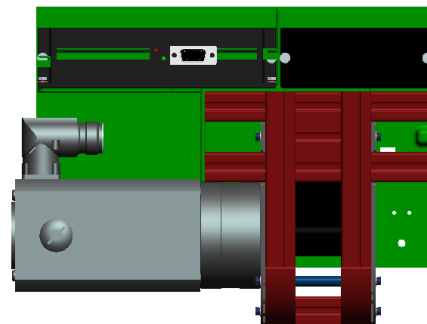
Jmenovitý otáčky	n_N	3000	Ot./min
Jmenovitý výkon	P	270	W
Jmenovitý proud	I_N	13,2	A
Klidový moment	M_0	0,95	Nm
Klidový proud	I_0	13,7	A
Maximální moment	M_{max}	2,4	Nm

Jmenovité výstupní otáčky: $n = \frac{n_N}{i} = \underline{\underline{40 \text{ ot./min}}}$

Jmenovitý výstupní moment: $M = M_N \cdot i = \underline{\underline{62,25 \text{ Nm} > 50,625 \text{ Nm}}}$



Obrázek 5.2-2 – pohled ze strany



Obrázek 5.2-3 – pohled shora

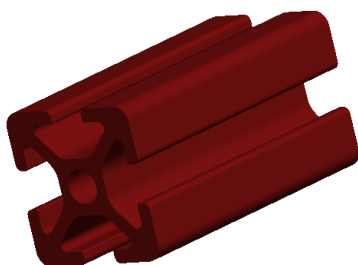
Na obrázcích 4-21 a 4-22 je znázorněna poloha pohonu v rámci zdvihacího zařízení. K této pohonné jednotce je nutné do zařízení také instalovat měnič pro AC motory. Opět zde byl kladen důraz, na co nejmenší rozměry. Byl vybrán měnič TGA-24 stejné firmy, který splňuje parametry a je doporučován k řízení této jednotky. Polohu servozesilovače a microcontrolleru lze vidět také na obr. 5.2-3 nahoře.



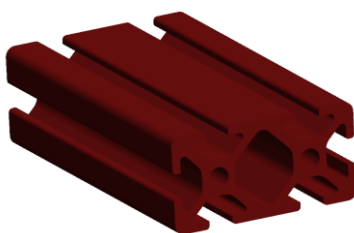
Obrázek 5.2-4 - Motorkontroler

5.3 Nosná konstrukce

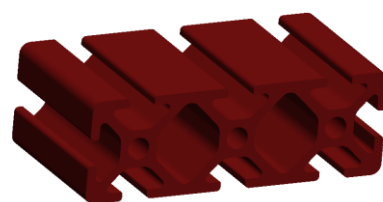
Rám konstrukce bude vytvořen ze speciálních tvarovaných hliníkových profilů. Ty dosahují vyšších pevnostních parametrů při srovnatelné hmotnosti oproti svým jednoduchým zástupcům. Na trhu je k dispozici také mnoho druhů spojovacích prvků, avšak z hlediska pevnosti je výhodnější rám svařit. K sestavení konstrukce bylo využito hned několik typů profilů. Od jednoduchých (obr. 5.3-1) přes skládané profily (obr. 5.3-2, 5.3-3), až po zahnuté profily (obr. 5.3-4).



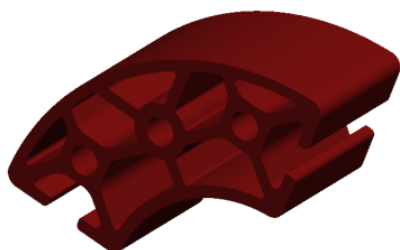
Obrázek 5.3-1



Obrázek 5.3-2

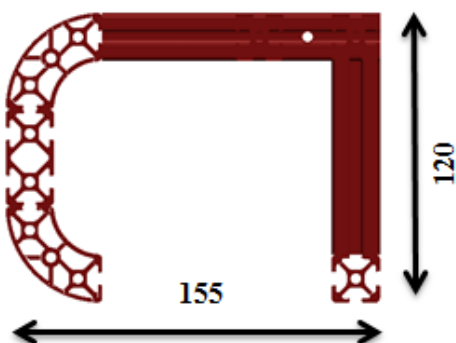


Obrázek 5.3-3

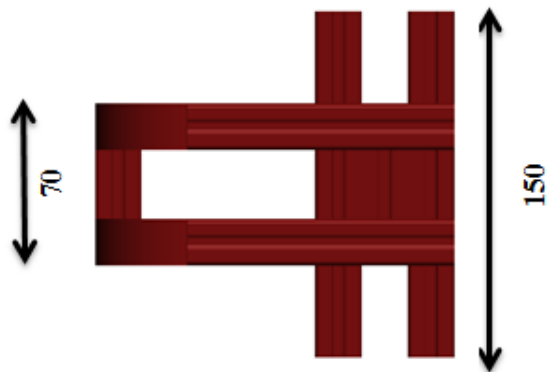


Obrázek 5.3-4

Rám bude v konstrukci zastávat hlavní nosný celek, který bude vystaven největšímu namáhání, a tak byl navržen dostatečně masivní, aby vydržel odolávat náporu hmotnosti i nejtěžších pacientů v ČR. Podle průzkumu se průměrná hmotnost u mužů pohybuje kolem 83,6 kg a 69,2 kg u žen. Lze předpokládat, že hmotnost 250 kg, na kterou byl manipulátor dimenzován, je v ČR výjimečná. Na obr. 5.3-5 a 5.3-6 jsou uvedeny základní rozměry.



Obrázek 5.3-5

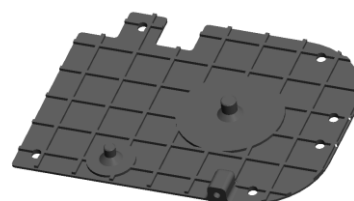


Obrázek 5.3-6

K rámu budou dále z obou stran připojeny masivní litinové připojovací desky (obr. 5.3-7 a 5.3-8), jež budou mít dvojí funkci. Nejen že budou sloužit jako příruba pro pohon s bubnem a další části kladkového mechanismu, ale také budou mít funkci zpevňování celého nosného rámu a zvyšování jeho tuhosti. Připojení k profilům bude provedeno pomocí šroubových spojů, z toho některé z nich jsou vybaveny rozpěrnými válečky, čímž dále zpevňují celou konstrukci.

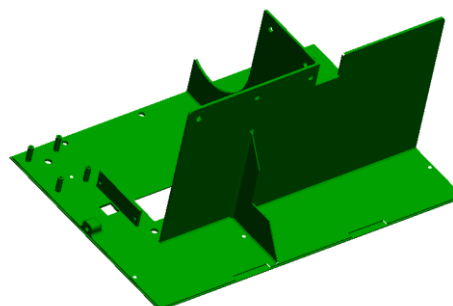


Obrázek 5.3-7



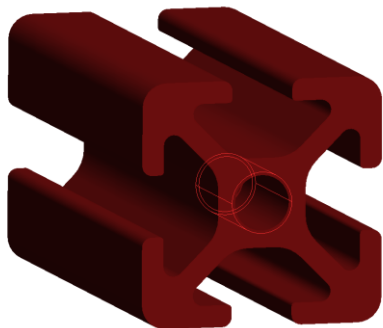
Obrázek 5.3-8

Poslední částí nosné konstrukce mechanismu je spodní plastový kryt (obr. 5.3-9), který nese většinu potřebné elektroniky a jinak není zatěžován. Nejsou na něj tedy kladeny žádné speciální požadavky z hlediska tuhosti. Také má za úkol odstínit mechanickou část stroje od elektronické, čehož je docíleno přepážkou vedoucí téměř po celé délce zařízení. Připojení k hlavnímu hliníkovému rámu je provedeno opět pomocí šroubů.

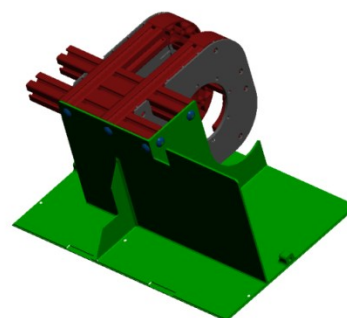


Obrázek 5.3-9

Pro vytvoření některých šroubových spojů bylo také nutno drobně upravit některé z hliníkových profilů. Šrouby jsou k nim v některých místech přišroubovány do centrální osy, která závit neobsahuje, a proto je zde nutno je vyvrtat.



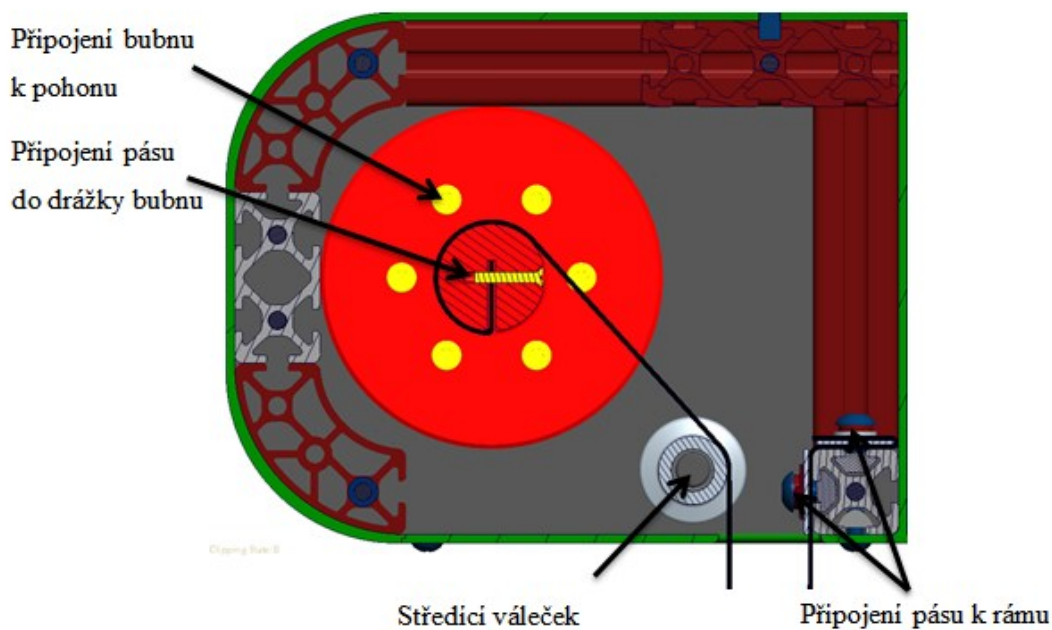
Obrázek 5.3-10 - závit v ose profilu



Obrázek 5.3-11

5.4 Systém navíjení

Konstrukce

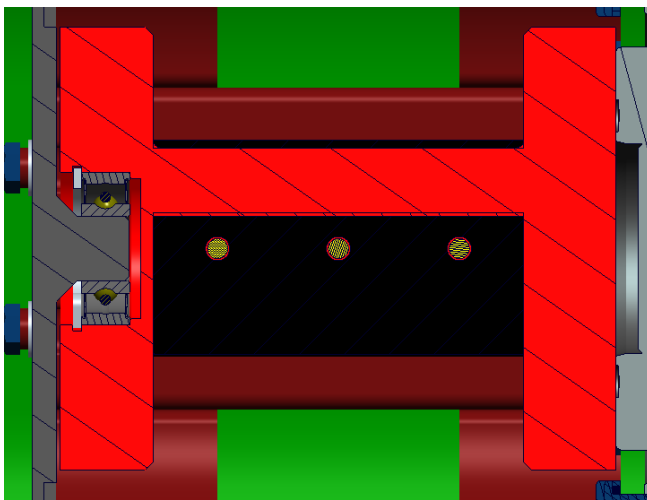


Obrázek 5.4-1

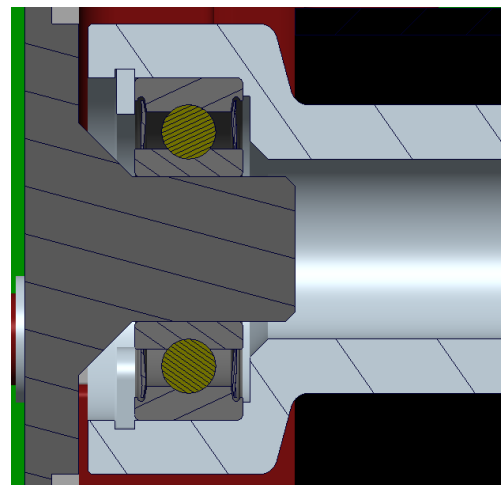
Pás bude pevně uchycen na dvou místech, a to v bubnu a na části rámu (obr. 5.4-1). Na jednom konci bude navíjecí buben vybaven hlubokou drážkou, která bude procházet skrz jeho osu (obr. 5.4-2). Ta bude dost široká na to, aby se do ní dal vsunout konec pásu sevřený malým milimetrovým plíškem s dvěma dírami. V bubnu budou také vyvrtány otvory se závity kolmé k této drážce. Po zasunutí pásu se pomocí šroubu drážka stáhne a pás pevně sevře uvnitř. Pás je také uchycen skrz díry v plechové koncovce pásu. Buben sám je přichycen na výstupní přírubu převodovky pomocí šroubů. Na opačné straně je v bubnu připravená díra pro osazení ložiskem. To je pak nasazeno na čep na protější litinové desce.

Na druhé straně bude polyesterový pás přichycen k rámu dvěma příložkami a pevně přitažen šrouby. Toto jednoduché přichycení umožnilo použití speciálních hliníkových profilů, ke kterým jsou běžně k dostání matice využívající jejich tvarových vlastností.

Další součástí zdvihacího systému je váleček, který slouží vystředění těžiště manipulátoru s pacientem pod centrální osu kolejnice a tím je minimalizováno nežádoucí zatížení. Tento váleček je podobně jako buben vybaven ložiskem po obou stranách a při montáži nasazen do příslušných čepů na litinových deskách (obr. 5.4-3).

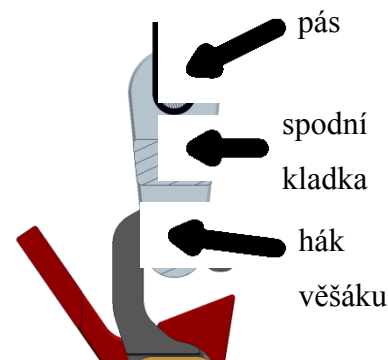


Obrázek 5.4-2 – detail nasazení bubnu na čep litinové desky a pohled na pás procházející středem bubnu ukotven třemi šrouby



Obrázek 5.4-3 - Detail osazení středícího válečku

Posledním komponentem tohoto systému je kladka ve spodní části lana, která se zvedá spolu s pacientem. Ta bude po laně klouzat na pevném ocelovém čepu a vlastní vahou, případně i vahou pacienta, lano při navíjení napínat.



Obrázek 5.4-4

Zdvihací pás

Pro zvedání pacienta a jeho bezpečné držení byly zvoleny pásy vytvořené z mnoha tenkých syntetických vláken, které jsou využívány v podobných zařízeních ve zdravotnictví a rovněž v automobilech jako bezpečnostní pásy. Firma Olis webbing nabízí široký sortiment těchto pásů. Pásy vynikají svou pevností a pružností. Jsou dostupné v různých tloušťkách (od 0,5 mm do 3 mm) a šířkách (od 10 mm do 56 mm). Ty nejpevnější typy zvládají nárazové zatížení (při pádu, autonehodě) až 27 kN. Pružnost pásu zajišťuje tlumení nárazu při kritickém selhání mechanismu. Lze také zajistit vhodnou barvu, popřípadě vzor pásu.



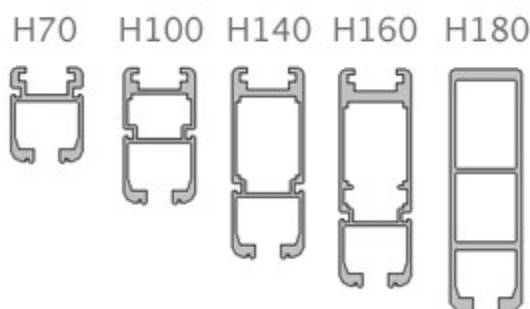
Obrázek 5.4-5

Materiál:	Nylon/Polyester – Doporučená kombinace pro bezpečnostní a zvedací úlohy.
Šířka:	46 mm – Nejběžnější rozměr bezpečnostních pásů.
Délka:	4300 mm
Tloušťka:	0,5 mm
Únosnost:	18 kN
Barva:	Volitelná

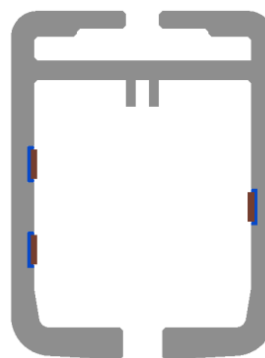
5.5 Kolej a jezdec

Dle požadavkového listu bylo nutno tento konstrukční uzel navrhnout tak, aby splňoval parametry pojezdového ústrojí pro zdvihací jednotku.

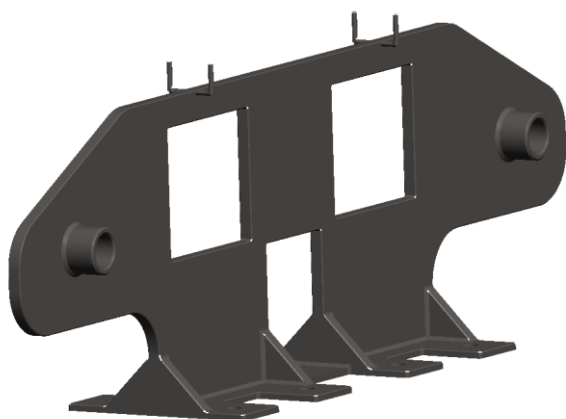
1. Schopnost jezdit v ose koleje, případně být schopen překonat menší překážky (radiusy, výhybkové systémy, točny, atp.)
2. Bezpečně napájet zdvihací zařízení.
3. Bezpečně unést 250 kg.



Obrázek 5.5-1



Obrázek 5.5-2



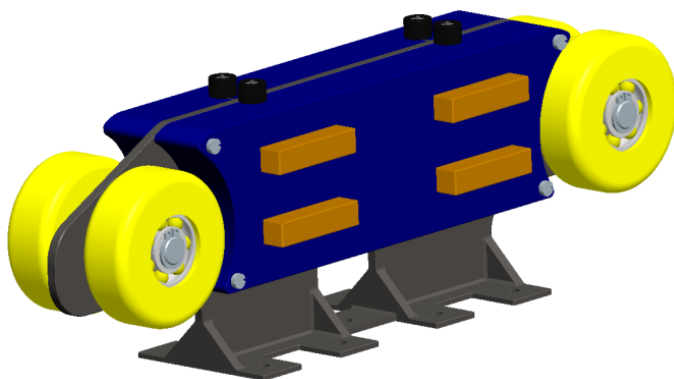
Obrázek 5.5-3

Pro správný návrh jezdce je nutné zvolit vhodný typ kolejnice. Na trhu je mnoho výrobců a typů kolejnic (obr. 5.5-1). Žádný však neuvádí přesné rozměry. Proto byl vytvořen typorozměrový zástupce na základě internetové studie trolejových vedení (obr. 5.5-2). Ta pro možnost napájení musí být uvnitř profilu vybavena měděnými pásky, pomocí kterých je veden proud k jezdci, a tak k celému zařízení. Co se týče

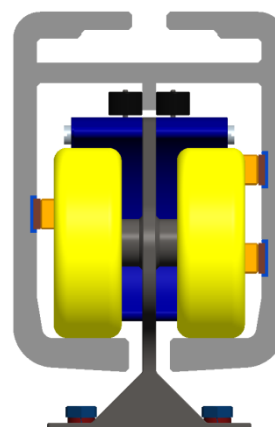
pevnostních parametrů, je zde největší důraz kladen na pevnost připojení ke stropu. K návrhu takového systému je tedy potřeba také kvalifikované zhodnocení architekta a doporučovaný návrh trasy kolejnice.

Vlastní jezdec se skládá z několika částí. Tou hlavní je centrální deska, která nese kartáčové sběrače (obr. 5.5-3). Ta také musí být schopna udržet veškeré hmoty na ni zavěšené (zvedací zařízení, pacient). Důležitou součástí pojezdu jsou kolečka s vysokou nosností umístěná v přední a zadní části a dále druhá menší kolečka v horní části, která mají za úkol centrovat jezdce v ose koleje. Po stranách nese centrální deska dvě krabičky, které kryjí systém pro přenos proudu z koleje do manipulátoru. Ty mají ve spodní části díru pro vedení kabeláže. Plochá spodní část centrálního dílu slouží k připojení k manipulátoru. Je tedy patřičně zpevněna žebry a připojení je provedeno pomocí šroubů.

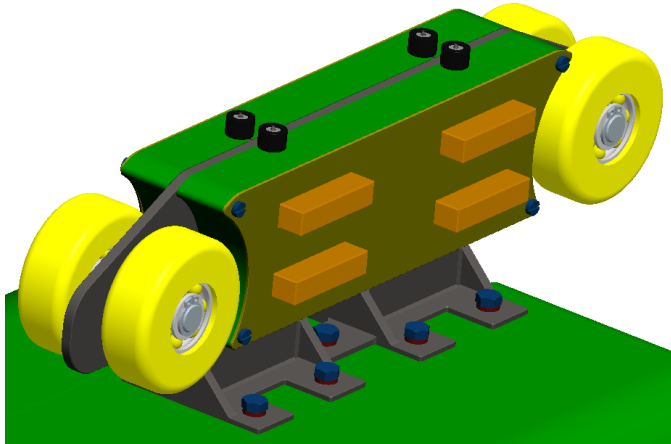
Systém pro přenos proudu se skládá z karbonových/stříbrných kartáčových sběračů a jejich pouzder. Jezdec je vybaven šesti kartáči tak, aby každému z měděných pásků pro přívod napájecího proudu náležely právě dva z nich. Jezdec je takto navržen zejména proto, aby bylo zajištěno stálé napájení při případné ztrátě kontaktu jednoho ze dvou kartáčů s páskem. Kontakt kartáčů s páskem je ale především zajišťován pružinou umístěnou v pouzdře kartáče (obr. 5.5-7), která má za úkol jej vytlačovat směrem k okraji profilu a tím nutí kartáč klouzat po ploše pásku. Detail lze vidět na obr. 5.5-7.



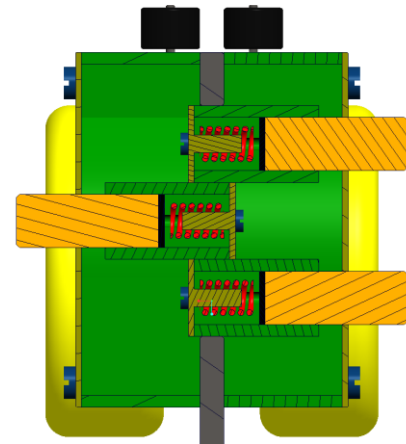
Obrázek 5.5-4



Obrázek 5.5-5



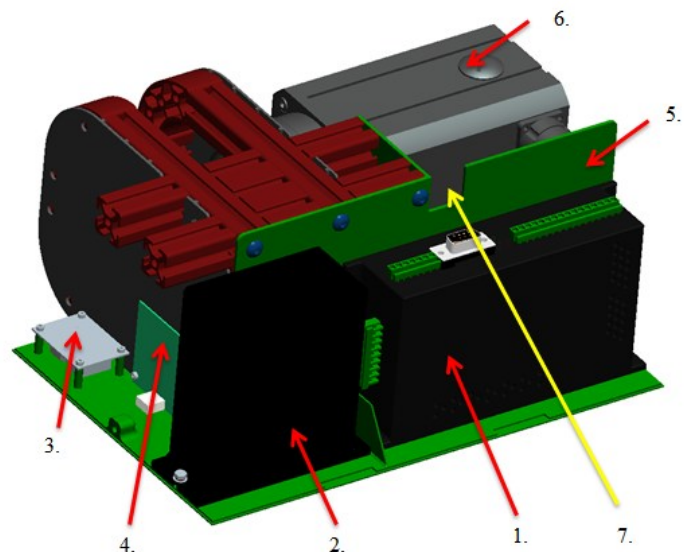
Obrázek 5.5-6



Obrázek 5.5-7

5.6 Instalace senzorů a elektroniky

Jak již bylo zmíněno výše, většina potřebných senzorů a elektroniky bude pevně přišroubována ke spodní plastové desce krytu. Některé další drobné elektronické součásti, jako jsou tlačítka ovládání a nouzové stop tlačítko, budou připevněny k jednomu z bočních krytů. Celý tento mechatronický systém byl navržen tak, aby byly jednotlivé části (mechanická, řízení, sensory) od sebe odděleny a vzájemně se ovlivňovaly pouze minimálně.

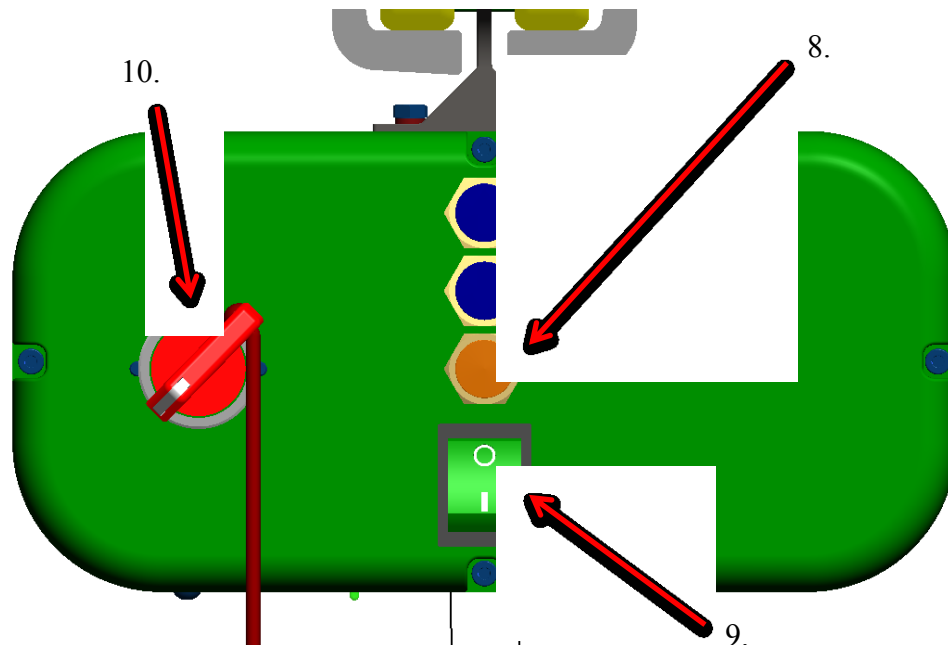


Obrázek 5.6-1

Na obr. 4-18 a 4-19 lze vidět přesné rozmístění veškerých komponentů. Dále je zde žlutou šipkou znázorněna případná možnost, kudy vést kabeláž.

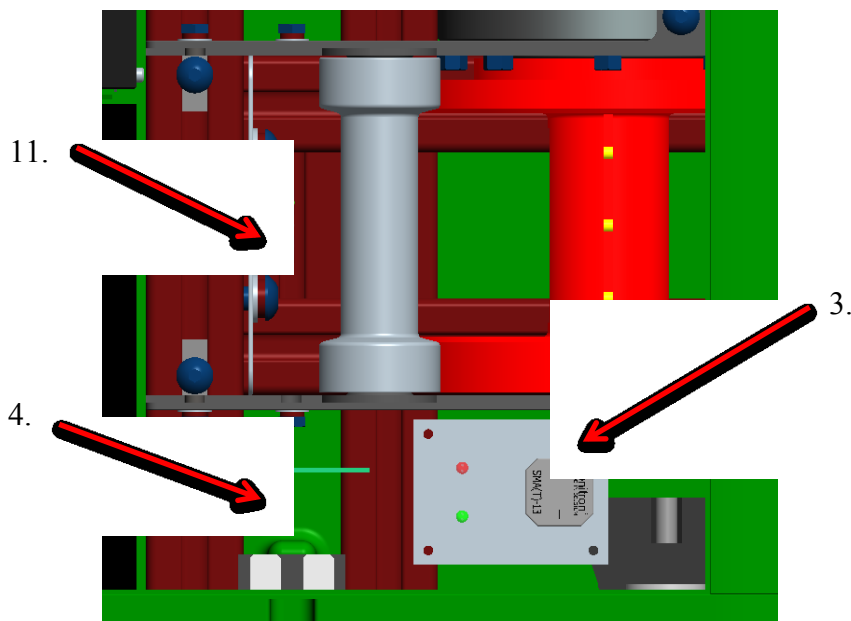
1. Řízení pohonné jednotky (TGA – 24)
2. Řídicí jednotka (pouze případě potřeby, jinak vše zvládne motorkontroler)
3. Signalizační jednotka (ve spodní části vyvrtány otvory)

- 2 x led dioda - on/off, stav napájení
 - 1 x zvuková signalizace (buzzer) – signalizace přetížení
4. IR přijímač dálkového ovládání
 5. Spodní plastový kryt
 6. Pohon DRIVESPIN – DS70
 7. Prostor pro kabeláž vedoucí od jednotky řízení k pohonu



Obrázek 5.6-2

8. Tlačítka nouzového ovládání (nahoru/dolů/reset (oranžové))
9. Vypínač on/off
10. Centrální STOP switch – vybaven táhlem pro snadnější a rychlejší přístup.
11. Taktilní (dotykový) senzor



Obrázek 5.6-3 – pohled ze spod při vizuální odstranění spodního krytu

Nutno podotknout, že při velkosériové výrobě by byl inženýr navrhován speciální řídicí systém, který by přesně splňoval požadované parametry. Rozměry celého řídicího systému by pak mohly být podstatně menší.

Ad. 1) TGA 24

Měníče TGA-24 jsou určeny k řízení střídavých synchronních servomotorů do výkonu 250 W. Napájecí napětí 24 VDC umožňuje instalovat tyto servozesilovače také do aplikací, kde je problém s přívodem síťového napětí 230/400 V - např. u mobilních zařízení nebo do prostředí vyžadující bezpečné napětí.

Výkonný procesor zajišťuje nejen velmi kvalitní řízení servomotorů a tím i vysokou přesnost a dynamiku pohonu, ale



Obrázek 5.6-4 TGA24

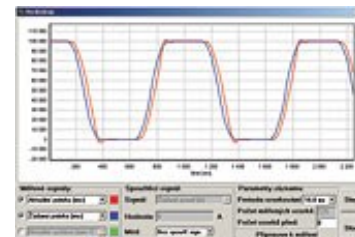
současně i řadu uživatelských funkcí umožňujících univerzální využití servoměniče.

Digitální proudová smyčka (měření proudu, vektorové řízení, měření polohy z resolveru) je realizována s frekvencí 16kHz, rychlostní regulační smyčka se počítá s frekvencí 4 kHz, polohová regulační smyčka s frekvencí 1 kHz.

Operační režimy

Servozesilovač TGA-24 může pracovat v těchto režimech:

- momentové řízení
- rychlostní řízení
- absolutní polohování
- relativní polohování
- řízení signály „KROK“ a „SMĚR“ (emulace krokového motoru)
- elektronická převodovka
- souvislé řízení po sběrnici CAN-BUS



Obrázek 5.6-5

Komunikace

Servozesilovač TGA-24 může komunikovat přes sériovou linku RS232, RS485(422)-protokol MODBUS a sběrnici CAN BUS.

Vstupy/výstupy

TGA-24 má implementováno 8 digitálních vstupů, 4 digitální výstupy, 1 analogový vstup (0–5 V nebo 0–10 V, ± 10 V), 2 rychlé konfigurovatelné vstupy/výstupy: Vstup pro IRC nebo signály „krok a směr“. Výstup emulující inkrementální čidlo 512 inkr./ot.

Řízení

- Analogovým napětím – moment nebo otáčky
- Signály pro krokové motory (krok a směr)
- Digitálními vstupy – spouštění naprogramovaných polohových nebo rychlostních profilů
- Digitální řízení po sériové lince RS232 (485) nebo CAN-BUS (moment, otáčky, polohové profily, apod.)

Parametry

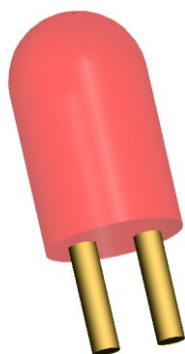
Jmenovité napájecí napětí	V	24 (15-42)
Jmenovitý instalovaný příkon pro provoz	W	230
Jmenovitý výstupní proud	A	9
Maximální výstupní proud	A	18,5

Ad. 2) Řídicí jednotka

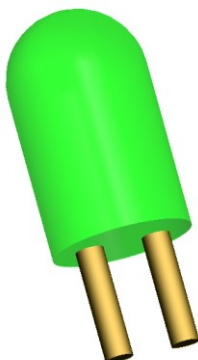
Do návrhu manipulátoru je zahrnut také blok s řídicí jednotky s mikrCPU, jenž by ovládal veškerou elektroniku kromě pohonu. Tento blok bude v jednotce vložen pouze v případě, že bude nezbytně nutný k ovládání systému (Tzn. Mikroprocesor jednotky TGA 24 nezvládne ovládat zbylou elektroniku).

Ad. 3) Diody a zvuková signalizace

Led diody a zvuková signalizace budou umístěny na destičce s tištěnými spoji v části manipulátoru za ovládacími tlačítky. Mají na starosti signalizaci stavu baterie (1x led), signalizaci přetížení (1x bzučák) a signalizaci stavu zařízení (on/off) (1x led).



Obrázek 5.6-6 – led pro signalizaci stavu baterie



Obrázek 5.6-7 – led signalizace stavu on/off



Obrázek 5.6-8 – bzučák pro zvukovou signalizaci stavu přetížení

Ad. 4) IR vysílač/přijímač pro dálkové ovládání

Dálkové ovládání bude prováděno přes IR rozhraní firmy ROBOBLOCK. Systém bude vybaven IR přijímačem, který je schopen rozpoznat až 8 kanálů. Důvod polohy na spodním krytu je, aby byl vždy snadno dostupný a ovládání bylo možné z co nejvíce možných směrů.

IR vysílač

Velikost: 8.5cm x 5.2cm

Kanály: možný výběr z 8 kanálů

Zdroj: 2 x AAA baterie

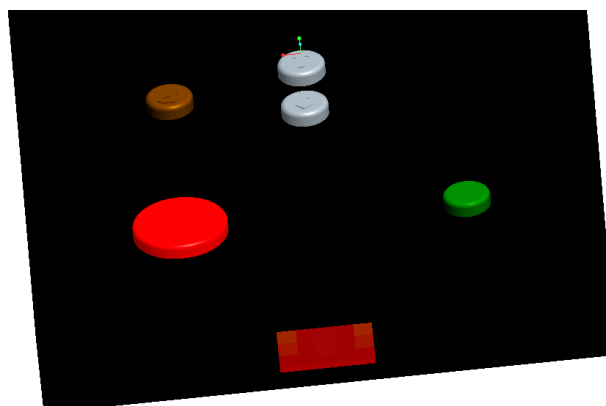
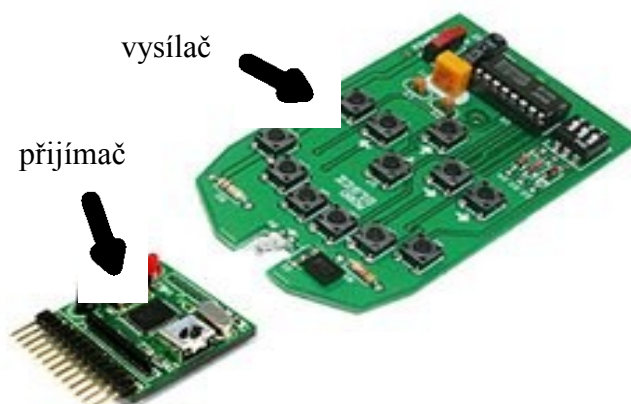
IR přijímač

Velikost: 3.8cm x 2.3cm

CPU: ATmega8

Kanály: 8 kanálový dip switch

Port: 10 PINů



Obrázek 5.6-9 – IR dálkový ovladač

Ad. 8) - 10) Tlačítka ovládání, on/off a central stop přepínač

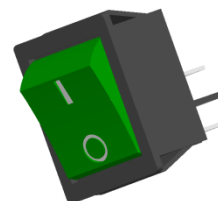
Z praktických bezpečnostních důvodů byl manipulátor vybaven tlačítky pro ovládání také na samotné jednotce. Tlačítka jsou vhodná zejména v případech, kdy zrovna není dálkové ovládání v dosahu obsluhy, či je stav baterií dálkového ovládání příliš nízký.



Tlačítko zapnutí/vypnutí (on/off) se světelnou signalizací slouží k celkovému vypnutí přístroje.

Obrázek 5.6-10

Centrální STOP přepínač slouží k nouzovému vypnutí v případech havárie systému např. nežádoucí navíjení cizích předmětů pod pás (vlasy, kravata, atp.). Pro snadný a rychlý přístup je vybaven táhlem (lankem), které by mělo být dostatečně dlouhé pro dosah obsluhy manipulátoru.



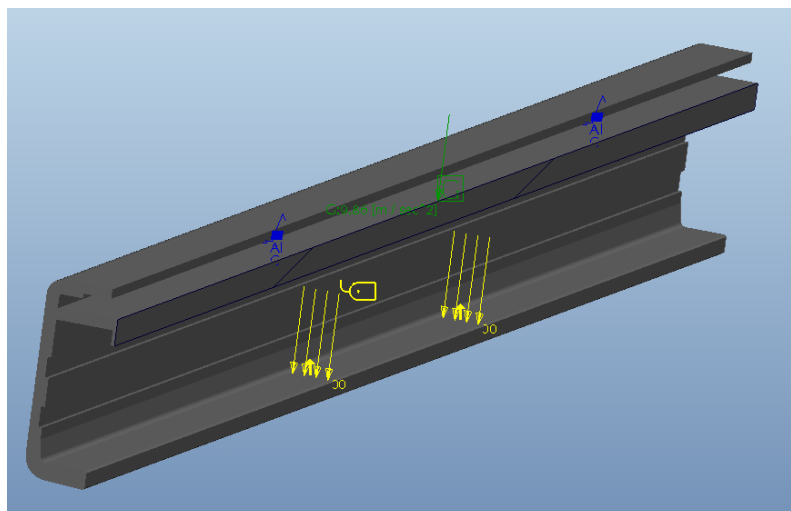
Obrázek 5.6-11

5.7 Analýza konstrukce

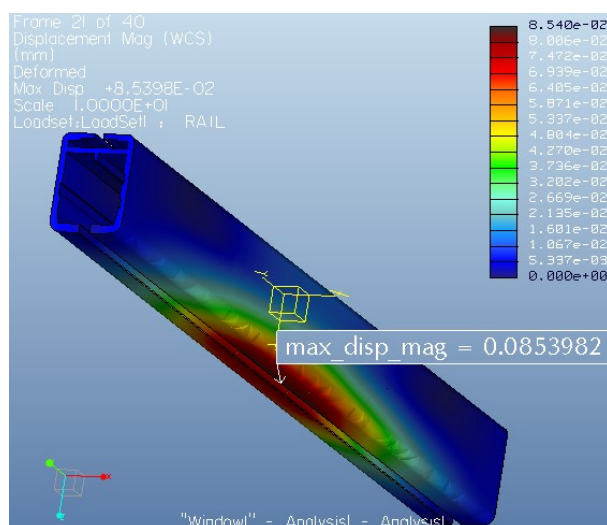
Byla provedena analýza jednotlivých nejzatěžovanějších částí systému. Postupovalo se systematicky od zavěšení na strop (analýza kolejnice), zavěšení manipulátoru (analýza jezdce), zavěšení pacienta (analýza rámu a kladky). Cílem analýzy bylo optimalizovat systém tak, aby maximální deformace nepřesáhly 0,1 mm.

Kolej

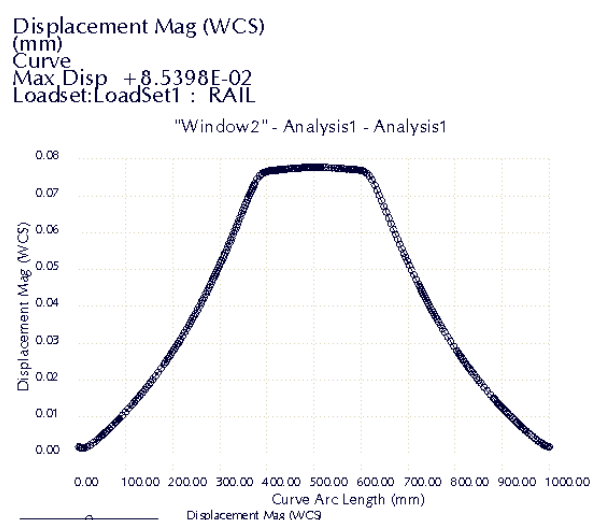
Při zkoumání trolejové trati byl vzat v úvahu předpoklad, že bude ke stropu pevně ukotvena šrouby. Segment koleje je dlouhý 1000 mm. Rozteč kotvicích bodů je dle internetové studie doporučována 500 mm. Vychází tedy dva kotvicí body na 1 m délky kolejnice (obr. 5.7 – 1 modře). Zatížení 3 kN v bodech styku kol jezdce znázorňuje zatížení 300 kg (obr. 5.7 – 1 žlutě). Dále byl přiřazen materiál (ocel) a zavedeno gravitační zrychlení (obr. 5.7 – 1 zeleně).



Obrázek 5.7-1 – rozložení zatížení kolejnice



Obrázek 5.7-2

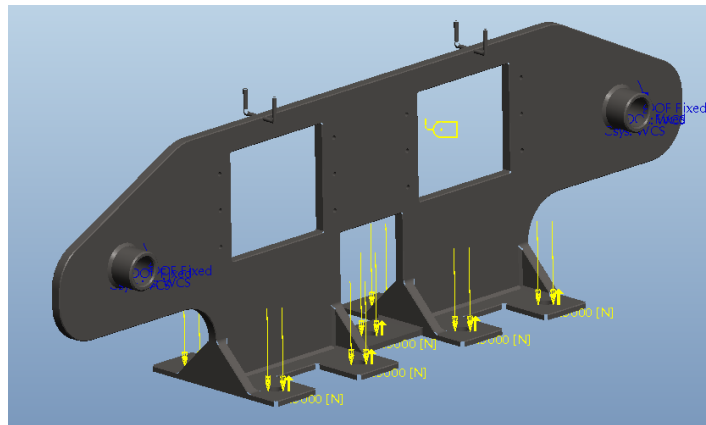


Graf 5.7-1

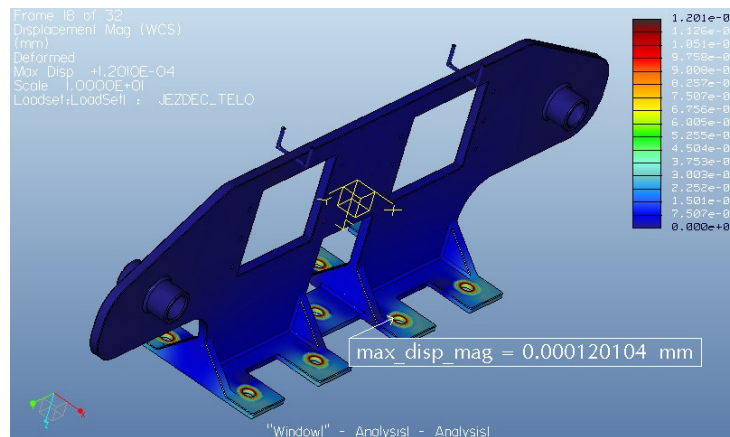
Z obr. 5.7-2 lze vidět rozložení deformací po zatížení a profilu. Nejvíce namáhaná část profilu bude v oblasti styku kol jezdce s povrchem kolejnice. Na obrázku je také označen oblast s největší deformací 0,085 mm. Graf 5.7-1 znázorňuje deformaci křivky spodní části profilu.

Jezdec

Jezdec je zatížen hmotností pacienta a manipulační jednotky a při předpokladu maximální hmotnosti pacienta 250 kg lze předpokládat, že nepřesáhne 300 kg. Analyzováno bylo pouze tělo jezdce, které nese veškerou hmotnost na jezdce kladenou. Opěrné plochy tvoří otvory pro osy kol. Hmotnost všech zavěšených hmot působí na přírubu ve spodní části a lze předpokládat, že síla bude vyvíjena pouze v místech styku šroubu s přírubou. Dále je celá plocha příruby jezdce opřena o konstrukci rámu což do jisté míry ovlivní deformaci jezdce. Rozložení zatížení a ukotvení lze vidět na obr. 5.7-3.



Obrázek 5.7-3 – zatížení jezdce



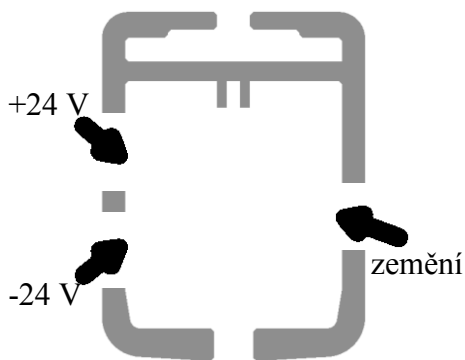
Obrázek 5.7-4 – velikost deformace jezdce

Na obr. 5.7-4 lze vidět místa v oblasti styku podložek šroubů, kde je jezdec deformován nejvíce. Tato deformace nepřesahuje podmínku 0,1 mm a jezdec tak splňuje požadavky.

6 Napájení a řízení manipulátoru

6.1 Napájecí soustava

Napájení je vedeno v koleji, která má dva aktivní vodiče (pásky) s označením +24V a -24V. Vlastní kolejnice a třetí pásek slouží pro zemnění. Dokonale zemnění je nutné nejen z bezpečnostního hlediska ale i z hlediska omezení vysokofrekvenčního (HF) rušení medicínských přístrojů, které vzniká jako vedlejší produkt měniče motoru. Ochrana a krytí obvodu 240V musí být v souladu s prostředím, ve kterém bude zařízení provozováno. Sekundární část s napětím 24V je navržena jako bezpečná.



Obrázek 6.1-1

Za předpokladu, že použití zdvihacího zařízení bude pouze občasné - tedy interval použití je alespoň 1:10, tedy jednou za 10 minut na jednu minutu, navrhuje:

Napájení kolejnice bateriově, tedy odběr až do výše 30A je kryt olověnými akumulátory (2x 12V) o celkové kapacitě 2,4Ah. Nabíjení akumulátory probíhá v režimu 2.4A/24V prostřednictvím nabíječky napájené jednofázovým napětím 240V. (Za předpokladu vyšší frekvence použití je nutno zvětšit kapacitu akumulátoru a nabíjecí proud nabíječky.)

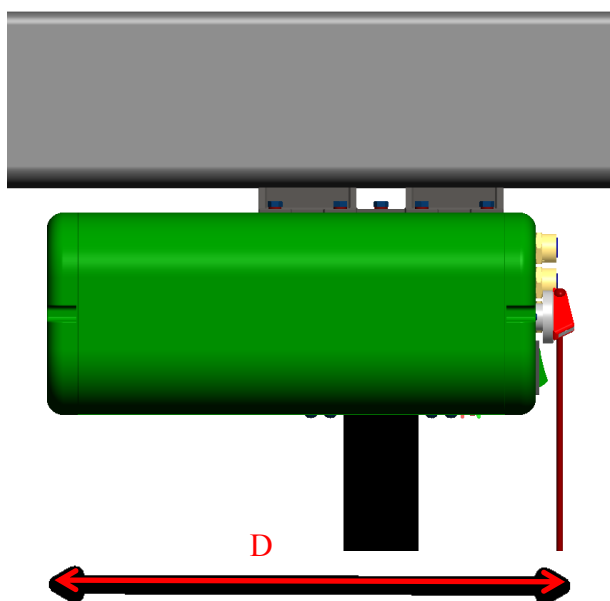


Obrázek 6.1-2

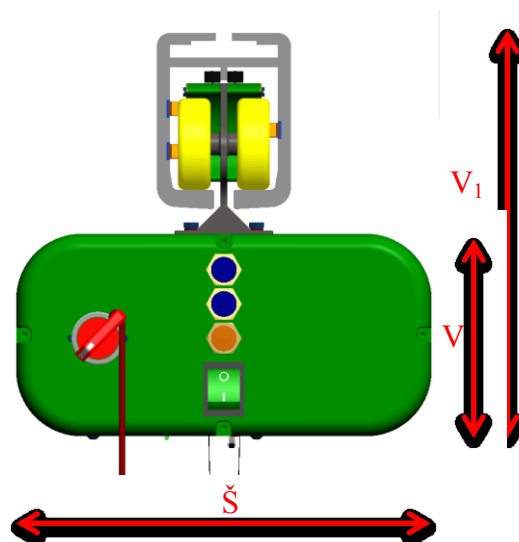
Nabíjecí proud z kolejnice je do přístroje veden pomocí uhlíkových kartáčových sběračů, jež jsou určeny pro podobné aplikace. Kartáče se vyrábí z mnoha materiálů a slitin, z čehož pro tuto aplikaci se nejlépe hodí slitina uhlíkových kartáčů sycených mědí a stříbrem.

6.2 Základní parametry navržené konstrukce

Hmotnost:	10 kg
Rozměry (D x Š x V):	315x254x247 resp. 315x254x247 [mm]
Nosnost:	Max. 250 kg
Rychlost zvedání:	5 cm/s
Napájení:	24 V DC (pomocí kartáčových sběračů)



Obrázek 6.2-1



Obrázek 6.2-2

6.3 Řízení motoru

Digitální rychlostní řízení, Servozesilovač pracuje v otáčkovém řízení. Otáčky jsou zadávané digitálně přes RS 232, CAN BUS. (dokumentace SW manuál TGA24-9/20, strana 5)

Soustava motoru umožňuje několik režimů, ve kterých lze pracovat. V návrhu je použit motor a kontrolér v módu digitálního rychlostního řízení. V tomto režimu využívá řízení motoru pomoci “úloh” (kontrolér umožňuje naprogramování až 10 úloh). Úlohy jsou voleny prostřednictvím digitálních vstupů na rozhraní X4. Rychlost motoru je nastavena jako parametr úlohy (možnost nastavit 0-200% jmenovitých otáček), optimalizace je provedena návrhem převodovky (režim na nominální otáčky).

Ze schématu (obr. 7.3-1) je jasné napájení kontroléru, napájení motoru a zapojení resolveru a je v plné shodě s doporučením výrobce.

6.4 Požadavky na řízení soustavy

Funkční požadavky

- Zabezpečit přenos uživatelských vstupů a povelů
- Zabezpečit a zprostředkovat signalizaci stavů soustavy
- Poskytnout doplňkové funkce, které motor kontrolér neposkytuje

Uživatelské vstupy a povel

Povel (vstup)	Zabezpečuje	Podmínky	Poznámka
Odpojení od napájení	Kolébkový prosvícený mechanický spínač panelu	Bezpodmínečně	Způsobí úplné vypnutí soustavy.
Nouzové vypnutí	Mechanický spínač na panelu (červený)	Bezpodmínečně	Vypne napájení výkonového mostu a uvede brzdu do stavu zabrzděného.
Odbrzdění soustavy v nouzovém režimu	Nízko profilový spínač na panelu (oranžový)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Napájecí napětí přítomné 2. Nouzové vypnutí 	Přivede napětí na brzdu, při současném vypnutí výkonového mostu, umožní spuštění zátěže vlastní vahou
Stop	Řídicí jednotka pohonu	Není ve stavu nouzového vypnutí	Stav STOP je vykonán vždy, pokud není vydáván povel nahoru, dolů nebo parkování
Nahoru	Řídicí jednotka pohonu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Není ve stavu nouzového vypnutí 2. Řídicí jednotka pohonu nevystavila signál „porucha“ 3. Systém není v pohybu, Řídicí jednotka pohonu vystavil signál „rychlost=0“ 	Povel přijat z IR nebo z panelu. Sestava se uvede do pohybu nahoru s cílovou rychlostí 5cm/s. Povel vyžaduje přidržení tlačítka po celou dobu pohybu.

Dolů	Řídicí jednotka pohonu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Není ve stavu nouzového vypnutí 2. Řídicí jednotka pohonu nevystavil signál „porucha“ 3. Systém není v pohybu, Řídicí jednotka pohonu vystavil signál „rychlost=0“ 	Povel přijat z IR nebo z panelu. Sestava se uvede do pohybu dolů s cílovou rychlostí 5cm/s. Povel vyžaduje přidržení tlačítka po celou dobu pohybu.
Parkování	Řídicí jednotka pohonu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Není ve stavu nouzového vypnutí 2. Řídicí jednotka pohonu nevystavil signál „porucha“ 3. Systém není v pohybu, Řídicí jednotka pohonu vystavil signál „rychlost=0“ 	<p>Sestava vykoná vyzvednutí „raménka“ do nejvyšší polohy, která je definována koncovým spínačem. Rychlost v režimu parkování je vyšší nebo rovna rychlosti při pohybu nahoru. Povel parkování je přerušitelný jako povely stop, nahoru nebo dolů, ale nevyžaduje přidržení tlačítka.</p> <p>Při sepnutí koncového spínače jsou povely nahoru nebo parkování ignorovány. Pokud je to možné, je v řídicí jednotce pohonu nastaven proudový limit na hodnotu dostatečnou pro vyzvednutí raménka, ale při vystavení povelu a současném zavěšení břemene řídicí jednotka pohonu hlásí signál porucha - přetížení</p>

Tabulka 6-1

Stavy motoru

Vstup	Zabezpečuje	Signál
Připojeno k napájení	Řídicí jednotka pohonu	Interní vyhodnocení přítomnosti napájení 24 V \pm 5 V
RUN (běh)	Řídicí jednotka pohonu	DO2
Rychlost=0	Řídicí jednotka pohonu	DO4
Porucha	Řídicí jednotka pohonu	DO1
Koncový spínač	Koncový spínač	DI2 (signál je paralelně přiveden do řídicí jednotky pohonu a ovládání)

Tabulka 6-2

Signalizace stavů soustavy

Signalizace	Zabezpečuje	Podmínky
Připojeno k napájení	Indikace ve spínači	Bezpodmínečně
RUN (běh)	Řídicí jednotka pohonu (zelená LED)	Je indikováno, že výkonový most je napájen a rychlost pohybu není nulová (na směru pohybu nezáleží).
Chyba	Řídicí jednotka pohonu (červená LED)	Zabezpečí přenos informace z řídicí jednotky pohonu
Akustická indikace chyby	Řídicí jednotka pohonu (BUZZER)	Po vystavení signálu „porucha“ na řídicí jednotce pohonu je sepnuto napájení bzučáku.

Tabulka 6-3

Signály pro řízení motoru a brzdy

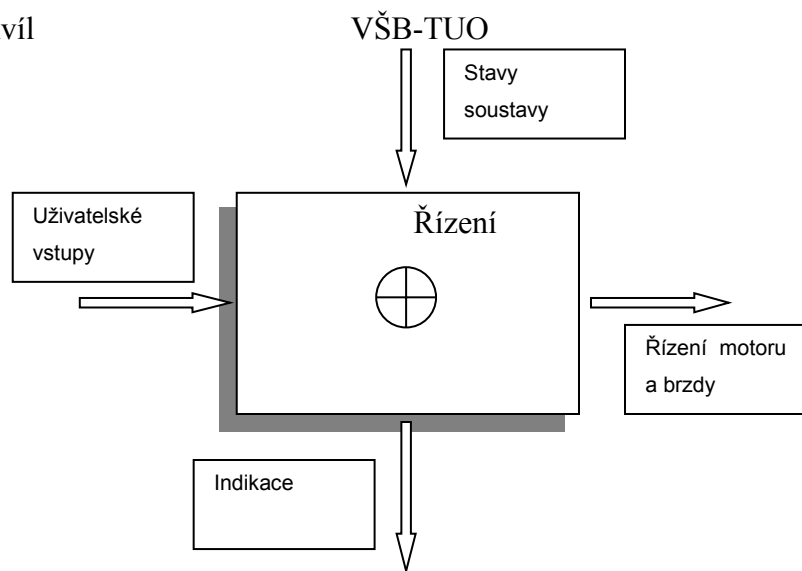
Signalizace	Zabezpečuje	Podmínky
Připraveno k provozu	Řídicí jednotka pohonu	DI1 (enable)
Nahoru	Řídicí jednotka pohonu	DI5 (Úloha 1 náběžná hrana)
Dolu	Řídicí jednotka pohonu	DI6 (Úloha 2 náběžná hrana)
Parkování	Řídicí jednotka pohonu	DI7 (Úloha 3 náběžná hrana)
Stop	Řídicí jednotka pohonu	DI5 (Úloha 4 náběžná hrana)
Stop	Řídicí jednotka pohonu	DI6 (Úloha 5 náběžná hrana)
Stop	Řídicí jednotka pohonu	Interní spuštění úlohy 0 na základě signálu rychlost=0

Tabulka 6-4

Doplňkové služby

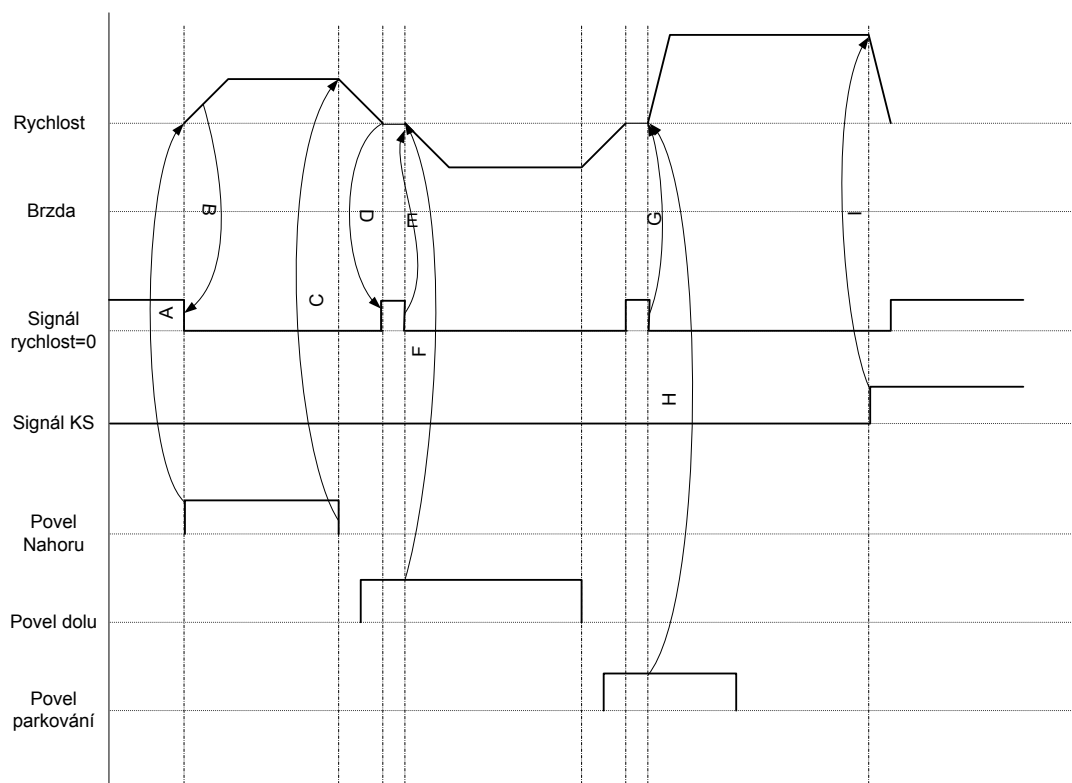
Služba	Zabezpečuje	Podmínky
Sdružení povelů z panelu a IR ovládání	Řídicí jednotka pohonu	Zabezpečí alternativní rovnocenné použití IR dálkového ovládání a řízení z panelu
Napájení přijímače IR	Řídicí jednotka pohonu	Zabezpečí napájení přijímače 5V ze sítě 24V.

Tabulka 6-5



Obrázek 6.4-1

Stavový diagram



Graf 6.4-1

A – Povel nahoru rozjede pohon směrem vzhůru a zruší vystavení signálu rychlost=0 „B“. Plnou rychlost dosáhne po přednastavené rampě (2000ms)

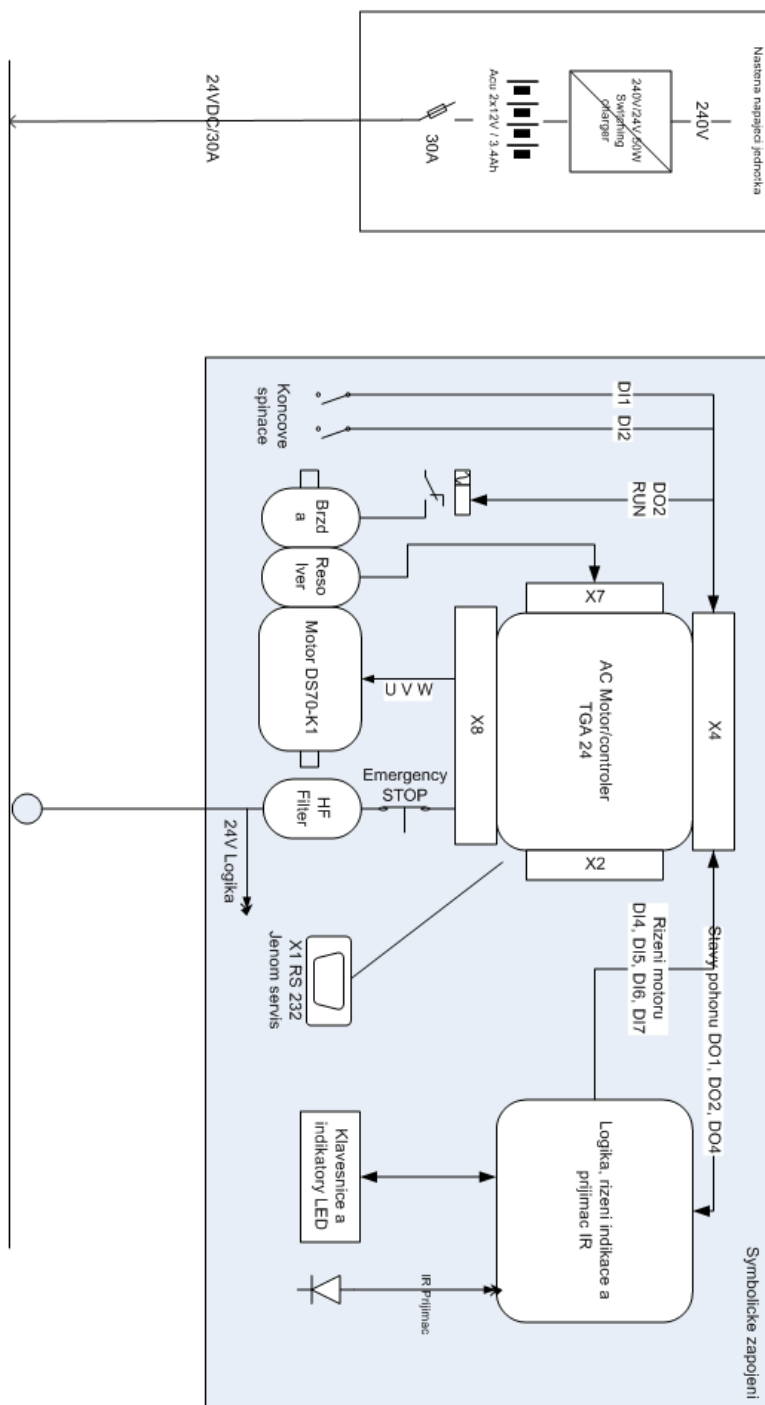
C- Povel nahoru je zrušen. Pohyb směrem nahoru je ukončen po rampě (2000ms) a nakonec opětovně vystaví signál rychlost=0.

F- I když byl vystaven povel dolů, tento čeká až do okamžiku vystavení signálu rychlost=0 a následně rozjede pohon směrem dolů.

H- povel parkování byl vystaven a čeká na signál rychlost=0 (G), aby mohl být proveden.

I- Koncový spínač vyhodnotil, že manipulátor je zaparkován a zastaví pohon.

6.5 Schéma zapojení



Obrázek 6.5-1

7 Ekonomické zhodnocení

Pohon	cca 10 000 Kč	(v ceně servozesilovač tga-24-12/24)
Hliníkové profily	cca 100 Kč	(100 Kč/kg)
Litínové součásti	cca 300 Kč	(2x litinová deska)
Ocelové součásti	cca 300 Kč	(tělo jezdce, osy, pružiny, aj.)
Plastové součásti	cca 1 000 Kč	(krytí manipulátoru, krytí jezdce, kartáčové držáky)
Spojovací součásti	cca 500 Kč	(šrouby, rozpěrné kroužky, starlock, atd.)
Ložiska SKF	cca 500 Kč	5 ks
Elektronické vybavení	cca 2 000 Kč	(IR ovládání, destička s tištěnými spoji s 2xLED a 1xBUZZER, taktilní senzor, tlačítka a vypínače, nástěnná napájecí jednotka)
Kolejnice	cca 500 Kč/m	(profil kolejnice, izolace, měděné proužky)
Sběrací kartáče	cca 1 000 Kč	(6x kartáče pro sběr napětí z kolejnice)
Kolečka	cca 300 Kč	(4x kolečko s vysokou nosností, 4x kolečka pro středění jezdce v koleji)
Pás	cca 200 Kč	
Raménka	cca 200 – 1500 Kč	(cena v závislosti na zvoleném typu raménka)
Vynaložená práce	cca 3000 Kč	
Celková cena	cca 22 000 Kč	(předpokládaná cena)

8 Závěr

V diplomové práci byl řešen polohovací systém s drážkou ve stropě (kolej) pro imobilní pacienty ve vnitřních prostorách a to zejména v domácnostech či medicínských prostorách. Dále měl být vyřešen problém napájení systému a jeho ovládání. Studie problematiky současného stavu ukázala, že je trh těmito mechanismy zahlcen a nabídla hned několik možností řešení mechanismů. Kolejových systémů je rovněž celá řada. Ze studie vyplývá, že typy a vlastnosti polohovacích zařízení úzce souvisí s druhem koleje.

V první části práce byla vyhotovena tři základní variantní řešení. Ta spočívala především v návrhu polohy mechanismu vůči kolejnici. Podle daných kritérií byla provedena funkční analýza podle stanovených kritérií, ze které vyšla jako optimální varianta s pevným uchycením v kolejnici. Její hlavní výhody jsou především v dobré možnosti napájení přímo z kolejnice v tuhosti konstrukce v nízkém profilu pod stropem a v množství zvedaných hmot.

Druhá část se zabývala konstrukčním řešením této varianty. Byl proveden předběžný výpočet potřebného výstupního momentu na bubnu nutného k navíjení. Po té se konstrukčně rozpracovalo několik jednoduchých koncepcí manipulátoru v závislosti na rozměrech pohonných jednotek a uspořádání řídicí elektroniky. Následně hodnotová analýza rozhodla o výsledné optimální variantě, která se zdála nejvhodnější k podrobnému návrhu.

Hlavní nosná konstrukce výsledného manipulátoru se skládá ze svařovaného rámu, ze speciálně tvarovaných hliníkových profilů, litinových desek pro uchycení pohonu a dalších mechanických částí manipulátoru a ze spodního krytu, který nese veškerou elektroniku a řízení. Desky a spodní kryt zde mají také úlohu určitého dodatečného zvýšení tuhosti svařovaného rámu.

Po seznámení s konstrukcí byly provedeny pevnostní analýzy, které zkoumaly především velikost deformací v kritických částech mechanismu. Deformace zde nebyly větší než 0,1 mm.

V poslední fázi návrhu manipulačního systému byly podrobně navrženy veškeré elektronické komponenty. Po návrhu řídicí jednotky a studii jejich možností byl navržen

jednoduchý elektronický systém obsahující potřebný počet ovládacích, signalizačních a bezpečnostních prvků k bezpečnému zvedání pacienta. K tomuto systému bylo vypracováno také základní schéma zapojení a možný způsob ovládání.

V budoucnu je možno se zabývat dalším zjednodušením a zmenšením konstrukce, možnými způsoby zvyšování nosnosti konstrukce, případně návrhem pohonu pro pohyb po ose kolejnice. Také je možné zabývat se návrhem a umístěním baterií do pohonné jednotky, čímž by se zamezilo vedení potencionálně nebezpečného proudu v koleji.

Seznam použité literatury

- [1] VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky, 2. doplněné vydání*, algebra, 2005, 901 str. ISBN 80-7361-011-6
- [2] SKAŘUPA, J.: *Průmyslové roboty a manipulátory*, Ediční středisko VŠB-TUO, 2007, 221 str. ISBN 978-80-2481522-0
- [3] SKAŘUPA, J.: *Metodika konstruování* 1. vyd., Ediční středisko VŠB-TUO, 1993. 149 str. ISBN 80-7078-167-x
- [4] KLETEČKA, J. – FOŘT, P.: *Technické kreslení*, Computer Press, 2007, 247 str. ISBN 978-80-251-1887-0
- [5] www.tgdrives.cz
- [6] www.robotshop.com
- [7] www.banebots.com
- [8] www.liko.se
- [9] www.item24.com
- [10] www.starlock.com
- [11] olisd.en.busytrade.com
- [12] www.morganamt.com
- [13] www.redfernflinnccranes.com
- [14] www.harmonicdrive.de
- [15] www.ferona.cz
- [16] www.maxonmotor.com
- [17] www.dunkermotoren.com
- [18] www.raveo.cz

[19] baldor.sp01.partcommunity.com

[20] www.3dcontentcentral.com

Seznam příloh

1. Sestavný výkres manipulátoru s kolejnicí
2. Sestavný výkres jezdce
3. Sestavný výkres rámu manipulátoru
4. Sestavný výkres rozložení komponent v manipulátoru